Rádio e Eletrônica

14

$ 4,00

AMPLIFICADORES DE ÁUDIO

- A Essência do Áudio
- Sinais Elétricos
- Os Circuitos Eletrônicos
- Técnicas de Montagem
- Pré-Amplificadores
- Como Tirar Roncos
- Como Aumentar Agudos
- Medindo a Potência de Um Amplificador
- Montagens:
  - Controle de Tom Ativo
  - Pré Com Controle de Duas Entradas
  - Pré Universal Com 5 Entradas
- Amplificadores:
  - Transistorizado de 0,5 Watt
  - Integrado de 1 a 3 Watts
  - Transistorizados de 3 e 5 Watts
  - Integrado de 1W x 6V
  - Integrado de 4 a 10 Watts RMS
  - De 7 A 35 Watts Transistorizado
  - Quadrifônico de 44 Watts
  - Integrado de 40 Watts
  - Integrado Estéreo de 24 Watts Para o Carro
  - Cinco Amplificadores Transistorizados de 35 a 100 Watts
  - Valvulado de 15 Watts

J. Martin

J.Martin

Rádio e Eletrônica

AMPLIFICADORES DE ÁUDIO

14

editora FITTIPALDI

Caixa Postal 14637
São Paulo - SP

APRESENTAÇÃO

Possuir um bom equipamento de som e aproveitar ao máximo todos os seus recursos não é só um desejo dos leigos, mas também de muitas pessoas com conhecimentos básicos de eletrônica que, inclusive, desejariam montar muitas de suas partes.

Nesta condição privilegiada de dominar as técnicas básicas de montagem, muitos se lançam na tarefa de montar amplificadores, receptores, mixers, pré-amplificadores, mas nem sempre são bem sucedidos.

O tratamento dos sinais de áudio, que correspondem aos sons, exige um conhecimento todo particular que nem sempre são dados nos artigos que abordam projetos individuais de equipamentos de som, ou mesmo em obras especializadas.

Ruídos, roncos, instabilidades e até desequilíbrios de funcionamento, que causam a queima de componentes caros, são comuns.

Muitos, pensando logo em montar equipamentos muito potentes, levados pela falsa idéia de que potência é qualidade, podem ter sérios prejuízos com a queima de componentes caros ou desapontamentos com a obtenção de qualidade de som que não corresponde ao esperado.

Como levar ao leitor o que ele realmente deseja?

Pensando nisso, resolvemos incluir num livros o elementos que o leitor precisa para montar seu circuito, ou então, complementar seu equipamento com circuitos funcionais.

Além disso, daremos os elementos teóricos, que o leitor precisa para entender o que está fazendo, e práticos para que ele os faça da maneira correta, sem o perigo de comprometer não só a parte comercial de um equipamento de som adquirido, como aquele que está sendo realizado com seus próprios esforços.

Neste livro, incluiremos projetos de pré-amplificadores, fontes e amplificadores com diversas potências, de modo que o leitor facilmente possa escolher aquele que está dentro de suas posses e necessidades.

Procuramos mixar projetos que fazem uso de componentes comuns tradicionais, com projetos modernos que fazem uso de circuitos integrados e híbridos e até os mais antigos que, conforme veremos, ainda são os preferidos dos amantes do "som puro" que são os que fazem uso das válvulas.

Os circuitos são baseados em manuais dos próprios fabricantes dos componentes básicos usados, tendo sido amplamente experimentados em seus laboratórios.

Uma vez usados dentro de suas especificações e montados com cuidado, respeitando-se sua sensibilidade a ruídos e variações de tensões, eles, sem dúvida, terão desempenho tão bom ou até melhor que muitos equipamentos comerciais que, infelizmente, nem sempre fornecem o que os seus catálogos dizem, principalmente em termos de potência.

J.Martin

A ESSÊNCIA DO ÁUDIO

O que ocorre dentro de um amplificador, um receptor ou ainda um toca-fitas? Se bem que a maioria dos que possuam conhecimento básico de eletrônica seja capaz de acompanhar o que ocorre com o "sinal de áudio" ou o som convertido em eletricidade num circuito, poucos sabem exatamente como fazer uma interpretação correta dos fenômenos envolvidos, ou ainda, das alterações que este som sofre e como elas podem significar ou não uma perda de qualidade na sua reprodução.

Para que possamos montar equipamentos de áudio é preciso antes de tudo saber o que é o som, e como ele se comporta num circuito quando o convertemos em sinais elétricos de características correspondentes.

Por este motivo, nosso primeiro capítulo se destina a uma análise destes fenômenos, dando ao leitor conhecimentos que não só facilitam sua possível compra de um equipamento com a interpretação correta dos folhetos de características, como também saber o que pode ser feito e o que deve ser evitado quando da montagem ou sua instalação.

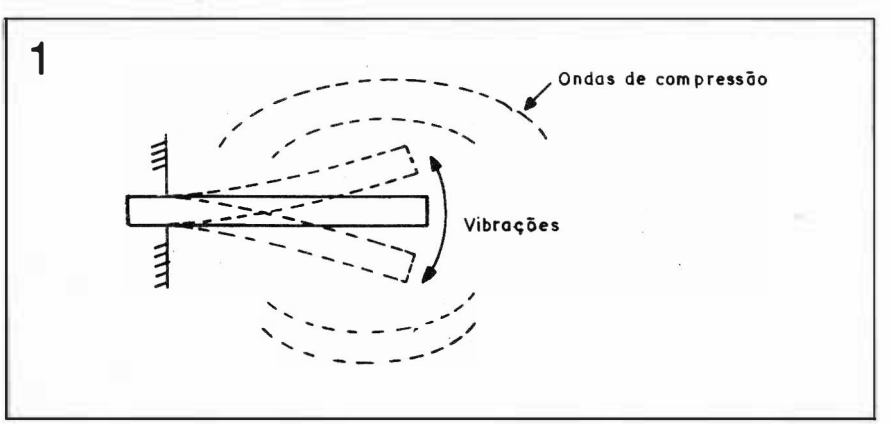
O SOM

Quando vibramos uma lâmina no ar, ela produz ondas de compressão e descompressão do ar, as quais se propagam em todas as direções com uma velocidade de aproximadamente 340 metros por segundo.

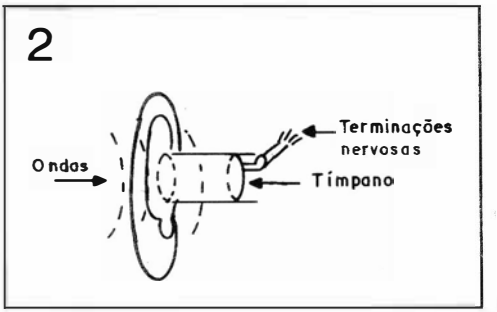
Estas vibrações são bem mais lentas que a luz e as ondas de rádio, que podem viajar a 300 000 quilômetros por segundo, o que é explicado, por sua natureza completamente diferente.

As ondas produzidas pela barra que dobra, são num meio material e, as ondas de rádio e luz, são ondas de natureza elétrica.

No entanto, para que possamos perceber as vibrações da barra na forma do que chamamos de som, elas precisam ocorrer num certo ritmo ou freqüência, conforme indica a **figura 1**.



Se as vibrações ocorrerem muito devagar, numa razão de menos de 16 vezes por segundo o que em termos técnicos é dito como uma freqüência menor que 16 Hertz (abreviado 16 Hz) não podemos ouvir nada, pois elas não sensibilizam nossos ouvidos. No entanto, se sua freqüência for maior que este valor, as vibrações que chegam aos nossos ouvidos fazem vibrar o tímpano (uma membrana interna) e transmitem ao nosso cérebro a sensação que denominamos som, conforme mostra a **figura 2**.

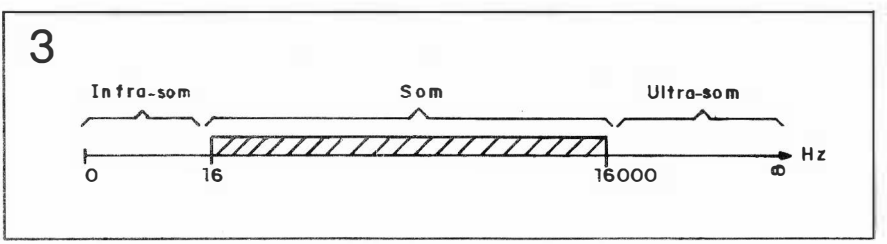


Se a barra for vibrando cada vez mais rapidamente, com freqüências mais altas, continuamos ouvindo o som, mas ele muda para nosso cérebro.

Não podemos perceber variações muito pequenas, mas se a freqüência subir 1/8 do valor original, o ouvido já consegue perceber uma mudança. Por este motivo é que as notas musicais são separadas por oitavas. Cada nota tem uma freqüência 1/8 maior que a anterior.

À medida que a freqüência do som vai aumentando vamos tendo mudanças que nos levam a classificar os sons em três grupos: nas freqüências mais baixas temos os sons graves. A faixa se estende dos 16 até os 200 ou 300 Hz aproximadamente. Vem em seguida a faixa dos médios, cujos sons possuem freqüências de 300 a 3 000 Hz aproximadamente e, finalmente, temos os sons agudos, cujas freqüências vão dos 5 000 Hz até 15 000 Hz aproximadamente.

Todos os sons destas faixas podem ser colocados num diagrama que é denominado espectro audível, conforme mostra a **figura 3**.



Acima dos 15 000 Hz o nosso ouvido não consegue mais ouvir as vibrações, mas elas continuam existindo e existem muitos animais cujos ouvidos são mais sensíveis e conseguem.

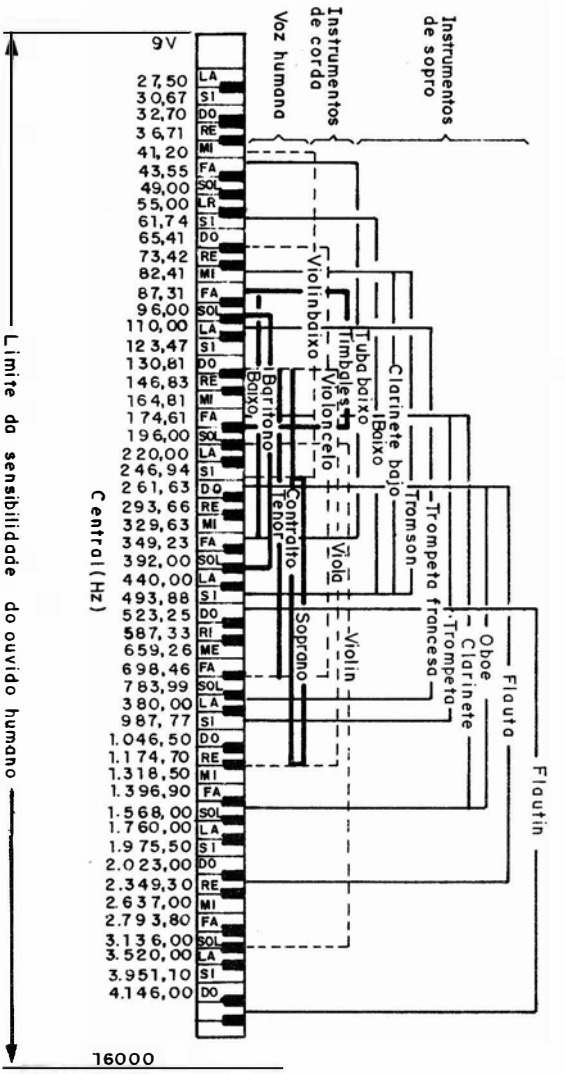
São os ultra-sons que podem ser ouvidos por animais como o cão, o morcego, o golfinho, etc.

Veja então que tudo que ocorre em termos de música e reprodução da voz, obrigatoriamente, está dentro do estreito espectro audível entre 16 e 16 000 vibrações por segundo.

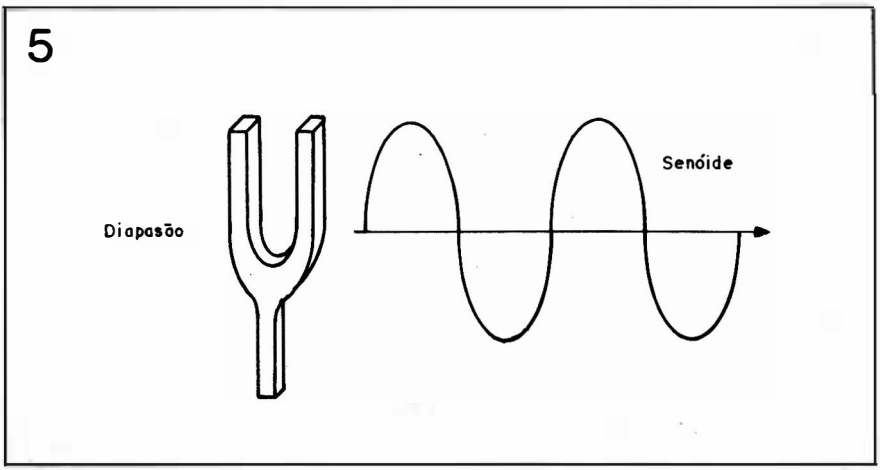
Neste espectro colocam-se então diversas "oitavas" das escalas das notas musicais, conforme mostra a **figura 4**.

Uma barra que vibra em formato de forquilha, denominada dispasão, produz o que denominamos de som "puro". Esse som, conforme mostra a **figura 5**, consiste em condições suaves numa forma de onda denominada senóide.

4



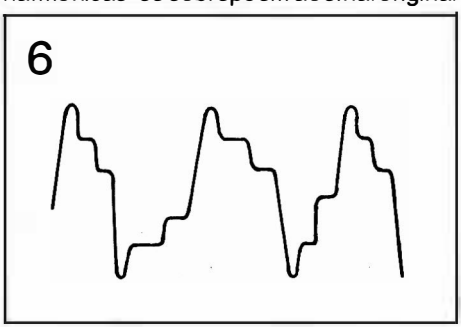
A senóide corresponde pois a um tipo de som puro cujas vibrações consistem em ondas de compressão e descompressão do ar de freqüência única. O "vai e vem" da lâmina não é perturbado por qualquer anormalidade ou deformação.



No entanto, nem todos os corpos que vibram e por isso produzem sons têm essa características.

A corda de um violão quando vibra o faz de uma maneira complexa e desta forma o som produzido não é puro, mas sim formado por diversas vibrações superpostas de freqüências múltipla.

Estas freqüências denominadas "harmônicas" se sobrepõem ao sinal original e o resultado é uma forma de onda diferente da senóide, como mostramos na **figura 6**.



Este fato, de que cada instrumento e a própria voz humana produzem vibrações que não são puras, mas ricas em harmônicas e, portanto, com formas de onda diferentes é que permite diferenciá-los quando tocam a mesma nota, ou seja, emitem a mesma freqüência.

Por isso é que a nota dó emitida por um violão é diferente do dó emitido pelo piano ou por um cantor, se bem que todos tenham a mesma freqüência.

Dizemos em linguagem técnica que estes sons possuem timbres diferentes, ou seja, formas de onda diferentes.

Veja que o timbre está associado a vibrações harmônicas ou de freqüências múltiplas que se estendem em alguns casos até a faixa dos ultra-sons. Por este motivo é que, mesmo não ouvindo os ultrasons é importante que os bons amplificadores reproduzem esta faixa, de modo a manter o timbre original.

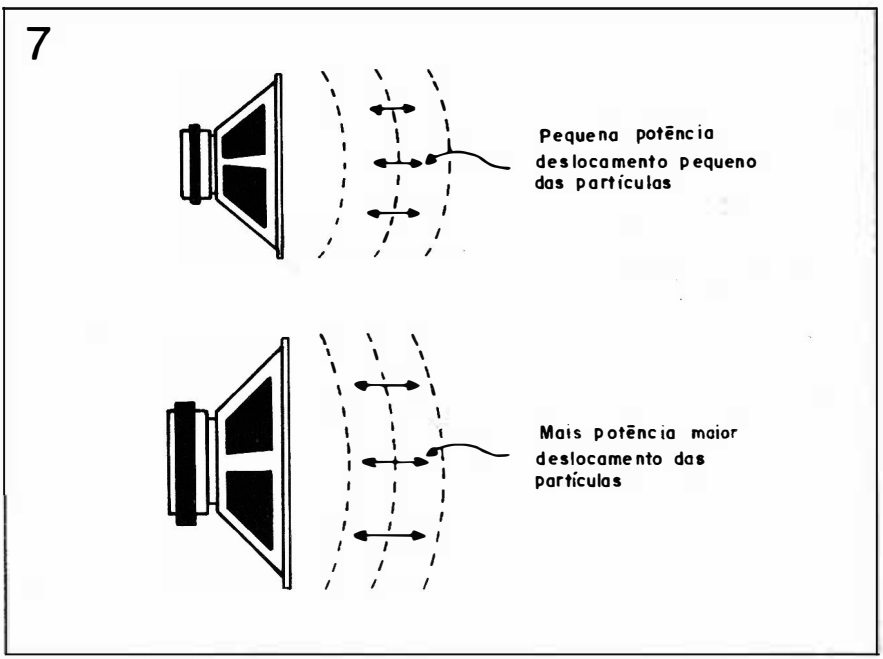
Se um amplificador de má qualidade cortar as harmônicas das freqüências mais elevadas, o som original se deforma ocorrendo o que chamamos de "distorção".

Além das duas características que vimos, que são a altura dada pela freqüência do som (que não deve ser confundida com a intensidade) e o timbre, temos ainda uma terceira que é o volume.

O volume ou intensidade, está relacionado com a "força" que as vibrações ocorrem e portanto, com a energia envolvida no processo.

Para um sistema reprodutor de som como um alto-falante ou uma barra que vibra, essa intensidade é dada em termos de potência.

Esta potência determina a amplitude ou quanto se deslocam as particular de ar que transportam as vibrações, conforme temos na **figura 7**.



Num som fraco ou pouco intenso ou de pequeno volume, as vibrações possuem pequena amplitude e a energia transferida no processo é pequeno. Dizemos que se trata de um som de baixa potência.

Uma característica importante do ouvido humano é que sua sensibilidade ao som é logarítmica.

Isso é necessário por um motivo simples: na natureza existe uma diferença de milhões de vezes entre o som mais fraco (murmurar de folhas ao vento) e o som mais forte (um trovão ou um tiro de canhão).

Se o ouvido for muito sensível a todos os sons, os fracos seriam difíceis de ouvir e os fortes nos causariam dor.

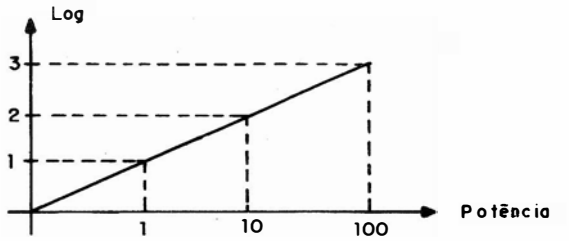
A natureza nos protege deixando então o ouvido sensível aos sons fracos e reduzindo a sensibilidade para os sons fortes.

Numa escala logarítmica, diferente de uma escala linear, um som 10 vezes mais potente que outro não é percebido pelo ouvido desta forma. Para o ouvido, um som 10 vezes mais potente que é outro é percebido apenas como 2 vezes mais forte!

Na **figura 8** mostramos uma escala logarítmica para que o leitor tenha uma idéia do que ocorre.

Veja então, que a potência de um sistema de som deve ser considerada em termos logarítmicos, o que significa que um amplificador com o dobro da potência de outro na verdade não produz um som duas vezes mais "forte" para nossos ouvidos.

8



FIDELIDADE

Os equipamentos eletrônicos de som destinam a reproduzir num alto-falante ou num fone de ouvido, um som originalmente transmitido por uma estação ou gravado em fita, disco ou outra forma qualquer de registro.

Uma primeira exigência para que um equipamento seja bom, é que o som reproduzido seja idêntico ao original, ou seja, seja fiel.

Temos então o conceito de fidelidade, que significa que a forma de onda do som original, qualquer que seja ele, deve ser mantida durante todo o processamento pelo equipamento.

Se houver qualquer alteração nesta forma, e isso ocorre normalmente, dizemos que há distorção.

Um aparelho de boa qualidade não tem distorção nula, mas sim um nível suficientemente baixo para que nossos ouvidos não possam perceber.

Uma alteração de até 0,5% não é percebido pelo ouvido humano, o que quer dizer que aparelhos que funcionem dentro deste limite podem ser considerados de boa qualidade.

É claro que os ouvidos exigentes vão querer equipamentos com menor distorção ainda e tipos com valores tão baixos como 0,001% existem a disposição de quem pode pagar por eles.

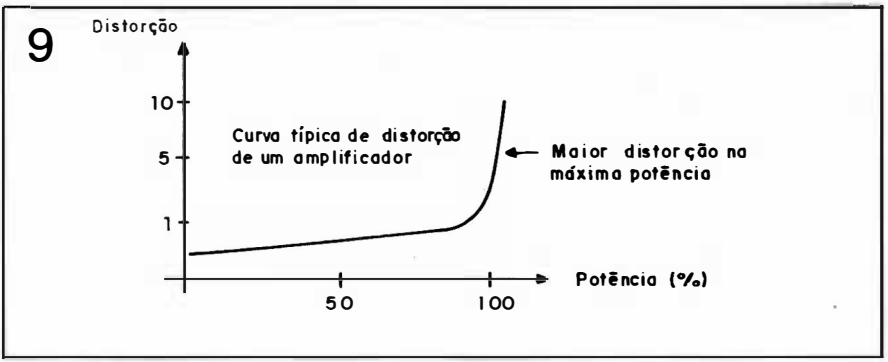
Na avaliação de um som, o fator principal que se leva em conta depois desta fidelidade que é dada pela taxa de distorção e pela faixa de freqüências, é a potência.

POTÊNCIA

A potência de um amplificador, que é o elemento final de qualquer cadeia reprodutora de som é medida em watts (abreviado por W).

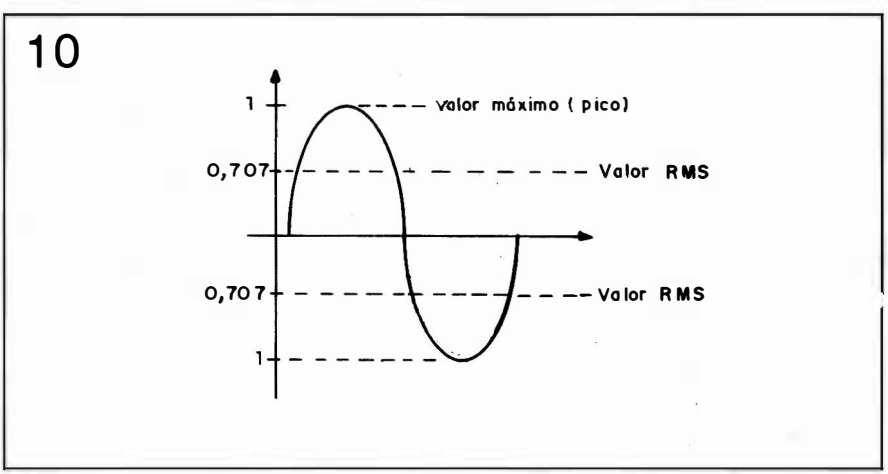
Muitos associam esta potência à qualidade de um amplificador. Quanto mais watts tiver o equipamento, melhor ele é (e mais caro), esquecendo de observar que muitos tipos, principalmente os usados em carro, quando exigidos a dar toda a potência, apresentam níveis inadmissíveis de distorção, algo acima de 2 e até 5% (**figura 9**).

Sabendo disso, os fabricantes procuraram enaltecer seus produtos atribuindo-lhes valores de potência que nem sempre correspondem à realidade. Como anunciar uma potência que o equipamento não têm realmente, é delito previsto em



lei, pois seria enganar o consumidor, os fabricantes encontraram diversas maneiras de contornar as restrições legais e também "enganar" os incautos.

Assim, a potência que realmente um amplificador fornece é medida em valores denominados RMS (root mean square ou valores médios quadráticos). Esse valor corresponde à energia que o amplificador fornece durante um certo tempo, quando fornece em sua saída um sinal senoidal, conforme mostra a **figura 10**.



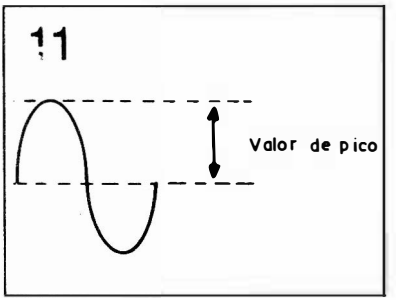
Como o sinal senoidal corresponde a uma tensão variável, ou seja, ele tem variações de intensidade em sua freqüência, esse valor corresponde a uma reta que na verdade corta a senóide em 0,707 de sua altura ou precisamente a raiz quadrada de 2 dividida por 2.

Fisicamente, esse valor corresponde a energia equivalente entregue ao circuito se em lugar de um sinal senoidal tivéssemos na saída do amplificador uma tensão contínua, comparando o amplificador a um gerador que produz energia.

Esta sem dúvida é a maneira mais correta para medir potência, pois ela compara o amplificador a um gerador de potência efetiva, sendo o alto-falante um receptor dessa energia.

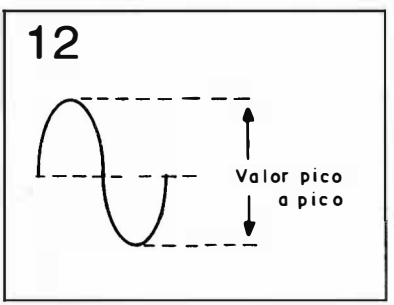
Uma primeira tentativa de se "contornar" esses valores rms, que não são lá

muito grandes, é indicar em seu lugar o ponto mais alto da senóide, conforme mostra a **figura 11**.



Temos então o valor "de pico" que na verdade é 1,4 vezes maior que a potência original rms. Desta forma, se o fabricante tiver um amplificador de apenas 10 watts, se ele indicar como potência de pico, ele pode vender o mesmo aparelho como 14 watts, o que é um pouco mais...

Mas a coisa não fica por aí. Se em lugar de indicar esse valor máximo, o fabricante tomar a variação que a corrente tem do máximo ao mínimo, ele tem a indicação denominada "pico-a-pico" mostrada na **figura 12**.



Desta forma, seu amplificador de 10 watts apenas, transforma-se num potente amplificador de 28 watts!

Temos ainda, a consideração que alguns fazem, de que, por uma fração de segundo o sinal amplificado que normalmente é diferente da senóide (pois na música as variações são mais complexas) atinge valores mais altos. Em função disso, criou-se o que se chama de "potência musical" ou IHF que leva nosso pequeno amplificador de 10 watts a valores ainda mais altos que enganam o consumidor.

Assim, muitos dos "potentes" amplificadores que são vendidos para os carros como tendo 100 watts (por canal!) na verdade quando levados a uma bancada e analisados com instrumentos nos revelam às vezes não mais do que uns 20 ou 30 watts rms e olhe lá, pois já vimos até menos!

Esses conceitos são muitos importantes para o leitor que vai comprar ou montar seu equipamento de som!

Para uma sala de 4 x 4 m, uma potência de 30 watts por canal (rms) significa muito som, e para um carro, 20 a 25 watts por canal (rms) representam muito mais do que seu ouvido pode aguentar.

Lembre-se que a potência do seu amplificador indica quanto ele dá quando está no máximo volume e raramente você o usa nestas condições!

Quando você usa um amplificador a 1/4 do volume você está aproveitando apenas 1/4 de sua potência. Se o amplificador é de 40 watts estão sendo usados apenas 10 watts. Por que então comprar um caro amplificador de 100 ou 200 watts se em nossa casa, em condições normais só vamos usar 10 ou 20 watts?

Uma reserva de potência pode ser interessante para garantir que não seja preciso usar toda a potência, pois é nestas condições que ocorre a maior distorção, mas esta reserva não precisa ser exagerada.

SINAIS ELÉTRICOS

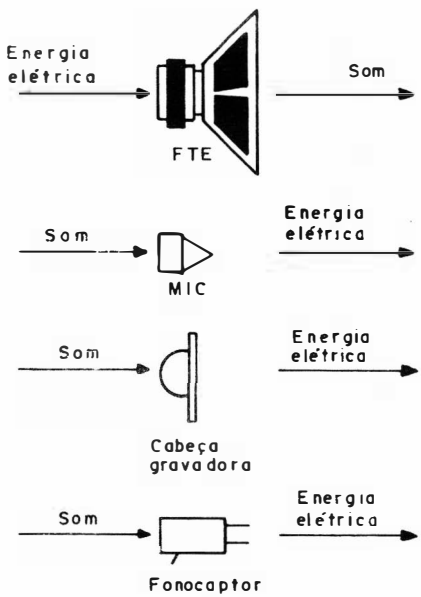
Os equipamentos de som trabalham com sinais elétricos que têm características próprias. Estes sinais mantém a freqüência e a forma de onda do som original,

sendo obtidos por diversos dispositivos denominados transdutores (**Figura 13**).

Os transdutores convertem os sinais elétricos em som num primeiro caso, como os alto-falantes e os fones de ouvido.

Estes elementos devem ter características que permitam manter a fidelidade de reprodução e também ter um bom rendimento.

13



Outros transdutores são os que convertem sons em sinais elétricos, como por exemplo as cápsulas de toca-discos denominadas fonocaptores, as cabeças dos gravadores de fita, os microfones, etc.

Neste caso é preciso observar que o rendimento na conversão de som em energia elétrica não é muito importante, pois os circuitos dos aparelhos podem amplificar essas correntes por mais fracas que sejam.

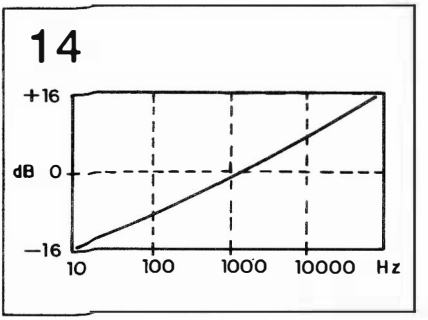
Na prática é isso que ocorre realmente. Os microfones, cápsulas fonocaptoras e cabeças gravadoras fornecem sinais extremamente fracos, da ordem de milionésimos de volt de amplitude ou no máximo milésimos e que precisam de excelente amplificação para poder excitar um alto-falante.

Como cada transdutor possui determinadas características, os amplificadores devem estar aptos a trabalhar com os sinais das mais diferentes intensidades, possuindo por isso diversas entradas.

Na verdade, conforme vimos, o ouvido humano não responde de forma linear aos sons, segundo suas freqüências e intensidades. Pessoas de mais idade por exemplo, têm menor sensibilidade aos agudos e algumas não conseguem chegar ao limite dos 15 000 Hz.

Assim, alterações nos sons gravados ou transmitidos devem ser feitas para

que eles se adaptem às características dos circuitos eletrônicos e do próprio ouvido humano. Essas alterações, que precisam ser compensadas nos aparelhos para termos fidelidade de reprodução são várias, mas falaremos apenas das duas principais, denominadas equalizações.



A resposta à gravação de disco por exemplo é menor para as baixas freqüências. Desta forma, na gravação dos discos é introduzido um reforço artificial nos graves e atenuação nos agudos de modo a melhorar a relação sinal/ruido, conforme a curva mostrada na **figura 14**.

Esta curva de equalização denominada RIAA é adotada mundialmente desde 1952 e precisa ser compensada na hora da reprodução.

Assim, os amplificadores ou circuitos que operam com os sinais dos fonocaptores dos toca-discos, devem estar aptos a levar de volta aos níveis normais, os sons das freqüências que tiveram reforço ou atenuação.

Estes amplificadores possuem então verdadeiros filtros que só devem ser usados nas entradas de fonocaptores, já que outras fontes de sinal como por exemplo um microfone ou uma cabeça de gravador não tem a mesma equalização.

Muitos aparelhos, projetados para operar com discos muito antigos podem ter "equalizadores" adicionais comutados por chaves para outros tipos de discos como os americanos antigos, os Decca, HMV, e outros.

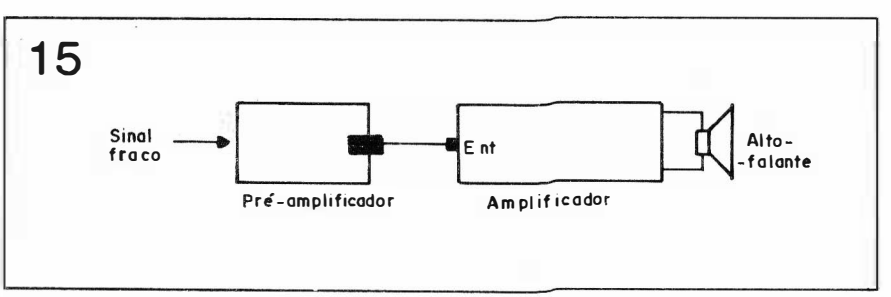
O importante para o leitor saber é que para reproduzir sinais de discos, o sinal não deve ser aplicado diretamente a um amplificador comum que não tenha uma entrada própria.

Este sinal deve obrigatoriamente passar por um pré-amplificador que tenha uma equalização RIAA.

Da mesma forma, para gravações em fita adota-se a equalização NAB que deve ser compensada no reprodutor por um reforço e atenuação das freqüências correspondentes.

As intensidades dos sinais obtidas em transdutores variam bastante, conforme falamos e isso exige amplificações em diversos níveis.

Os amplificadores comuns possuem diversas entradas para um pré-amplificador já preparadas para operar com os mais diversos tipos de transdutores. Se um amplificador comum tem uma única entrada, ou ele é indicado para operação com uma única fonte de sinal ou exige o uso de um pré-amplificador, conforme mostra a **figura 15**.



Além do nível de sinal é preciso ainda levar em conta uma outra característica dos transdutores que é a sua impedância.

A impedância medida em ohms ou milhares de ohms (quilo hms ou k) indica de que modo o transdutor entrega o sinal em termos de adaptação à carga ou amplificador.

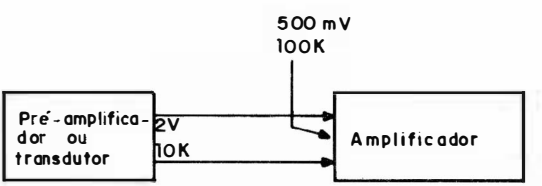
Para que um dispositivo entregue toda a energia de um sinal a outro, a impedância de saída de um deve ser igual a de entrada do outro. Dizemos que a transferência máxima de sinal ocorre quando as impedâncias estão casadas.

Assim, para receber o sinal de um transdutor, um amplificador deve ter uma determinada impedância de entrada que se case com este transdutor.

Se temos um amplificador com entrada de 100k, por exemplo e ligamos um microfone de 1k apenas neste aparelho, ele não consegue entregar seu sinal apropriadamente e o amplificador não opera satisfatoriamente. O volume é baixo e ainda podem ocorrer distorções.

Se o transdutor tiver uma "reserva de potência" a diferença de impedância pode ser compensada. Por exemplo, se um amplificador precisa de 10 mV em sua entrada e o transdutor fornece 100 mV, mesmo que sua impedância seja um pouco diferente ainda teremos uma boa excitação **(figura 16).**

16



É claro que a condição ideal é aquela em que as impedâncias "se casam" e a entrada do amplificador ou pré-amplificador tenha a "sensibilidade" que é medida em milivolts ou microvolts (μV ou μV).

Na tabela a seguir temos as características que normalmente devem ter os pré-amplificadores e amplificadores para operarem satisfatoriamente com os sinais que lhe são entregues:

Observe que no caso do gravador e sintonizador, as sensibilidades são valores mais altos pois os sinais que eles entregam já vem amplificados. No caso dos gravadores, esta sensibilidade não se refere à cabeça gravadora mas à saída do circuito pré-amplificador que estes aparelhos já possuem.

Variações em torno dos valores indicados podem ocorrer, dependendo das características específicas dos aparelhos e dos transdutores que se pretende usar ou das fontes de sinal.

Para os alto-falantes, os sinais elétricos também precisam ter características próprias. Também falamos neste caso da impedância do aparelho e do próprio alto-falante.

Um amplificador só tem o seu rendimento máximo quando à sua saída ligamos um alto-falante de mesma impedância.

Se a impedância do alto-falante for maior o sistema funciona, mas sua potência máxima ficará reduzida. O maior perigo ocorre entretanto, quando ligamos alto-falantes de menor impedância que a saída do circuito. Ocorre neste caso uma

sobrecarga que pode causar a queima de componentes importantes do aparelho como os transistores de saída.

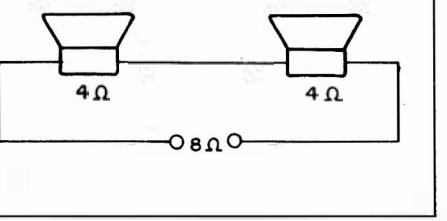
Os alto-falantes não só devem ter impedância de acordo com a saída do amplificador como também devem estar aptos a suportar a potência que ele entrega a sua carga.

Assim, de nada adianta usar um alto-falante de 100 watts num amplificador de apenas 20 watts, que o som vai ser o mesmo do amplificador: apenas 20 watts. O alto-falante precisa ter pelo menos 30W para suportar o que o amplificador fornece pois se sua capacidade for menor, um alto-falante de 10W apenas, ao se abrir o volume do amplificador, o alto-falante é danificado.

Observe ainda que se ligarmos mais de um alto-falante à saída de um amplificador, a impedância que eles apresentam em conjunto não é a mesma de cada alto-falante individual e além disso a potência fica dividida.

Assim, temos várias maneiras de se associar alto-falantes, conforme mostramos inicialmente na **figura 17**.

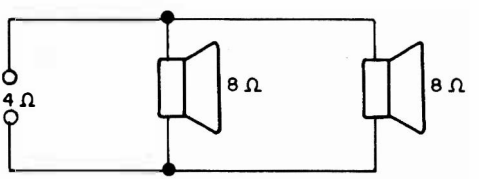
17



Ligando alto-falantes em série, suas impedâncias se somam. Dois alto-falantes de 4 ohms ligados em série apresentam uma impedância total para o amplificador de 8 ohms.

Se ligarmos em paralelo como mostra a **figura 18**, a impedância ficará dividida.

18



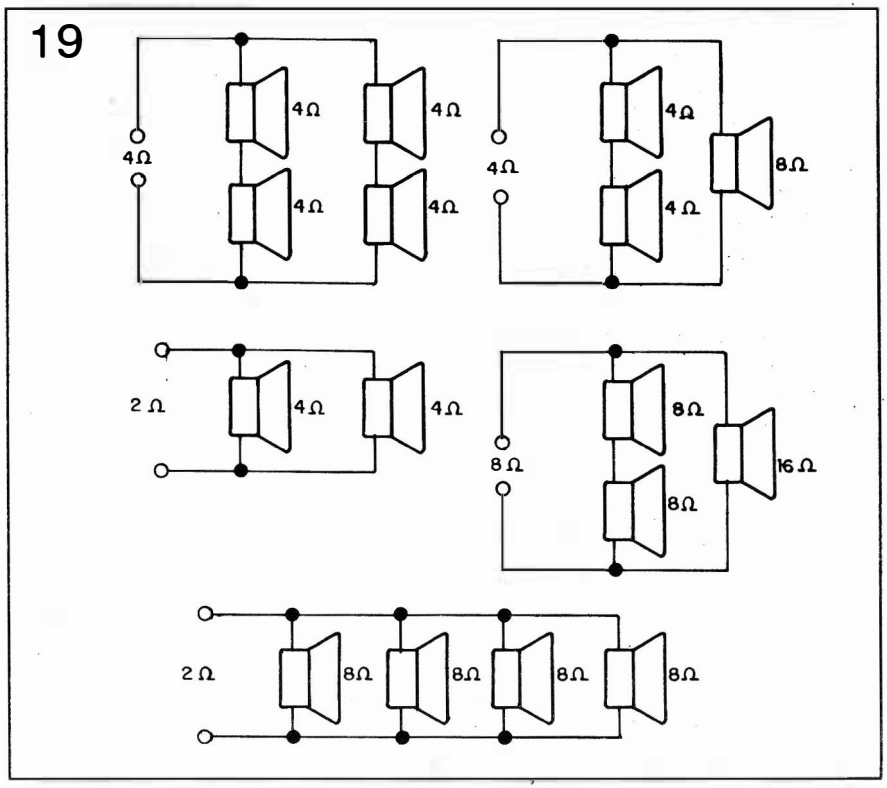
Dois alto-falantes de 8 ohms em paralelo apresentam uma impedância total de 4 ohms.

Na **figura 19** temos alguns modos de ligarmos conjuntamente diversos alto-falantes com a impedância que eles representam para os amplificadores.

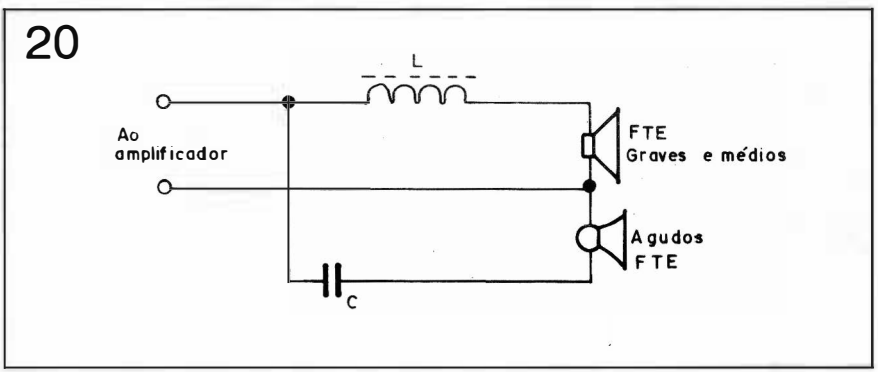
Este raciocínio é válido quando os alto-falantes são iguais. No entanto, para melhor reprodução dos sons existem alto-falantes especialmente indicados para os graves, médios e agudos. Os alto-falantes de graves chamam-se woofers, os de médio mid-ranges e os de agudos tweeters. Eles diferem pelo tipo de construção e tamanho.

Quando usamos num equipamento de som estes alto-falantes, os sinais que são correntes elétricas intensas, devem ser separados de acordo com as freqüên-

cias. Para essa finalidade são empregados filtros divisores de freqüências dotados de bobinas e capacitores.



Na **figura 20** temos o diagrama de um filtro onde mostramos que a bobina deixa passar os médios e graves para um alto-falante de médios e graves, e o capacitor deixa passar os agudos para o tweeter.



Se num filtro deste tipo, bem calculado, usarmos dois alto-falantes de 8 ohms, a impedância total será ainda 8 ohms, pois a faixa de som fica dividida e não há alteração da impedância.

ESTÉREO

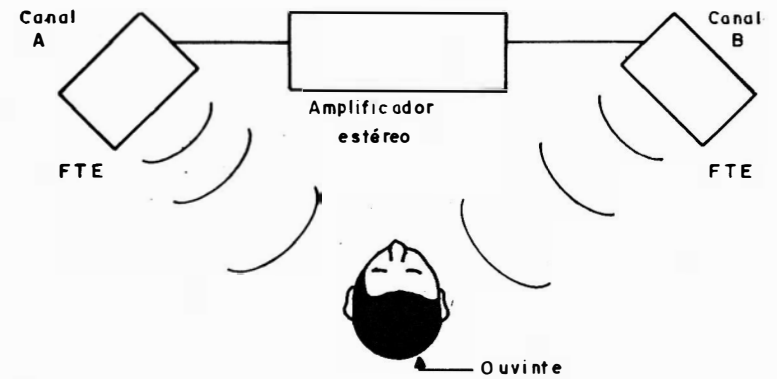
A sensação de profundidade que temos para os sons vem do fato de termos dois ouvidos e as pequenas diferenças de tempo com que eles percebem as vibrações pode ser interpretada como direção e distância.

Eles funcionam como uma espécie de "interferômetro" avaliando assim o local e a distância de onde vem o som.

Se a reprodução de um som for feita num alto-falante único, o que ocorre nos sistemas monofônicos nossos ouvidos não conseguem receber dois sinais e com isso não há sensação de profundidade.

No entanto se originalmente os sinais forem gravados em dois canais, com informações separadas e estas informações sobre a posição do som forem reproduzidas da mesma forma, como está na **figura 21**, o ouvido pode interpretar o som de uma forma diferente e ter a sensação de direção e profundidade.

21



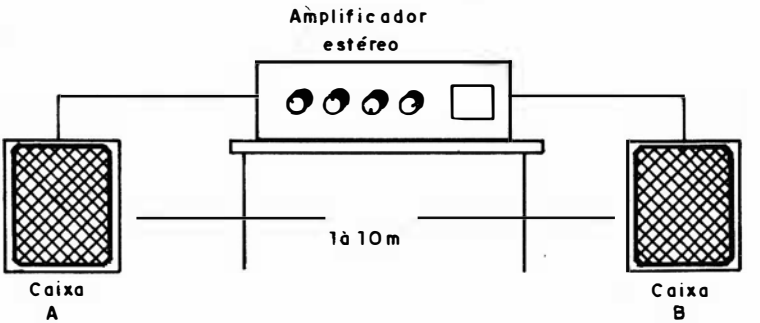
Este é o sistema estereofônico. Veja entretanto, que não basta ter dois alto-falantes para que o som seja estéreo. É preciso que sinais diferentes sejam processados em dois canais diferentes e que a gravação original ou o programa original também.

Os alto-falantes devem ser sempre posicionados como mostra a **figura 22,** de modo que os sons incidam sobre ângulos diferentes nos ouvidos.

É precisotomar cuidado com certos sistemas de som em que os alto-falantes estão muito próximos ou ainda com uma colocação inadequada comum nos carros em que todo o efeito estéreo é perdido.

Existem ainda os simuladores de estéreo que consistem em circuitos que separam os sons em duas faixas de freqüências e que então são reproduzidos em alto-falantes separados. O efeito lembra um pouco o **ESTÉREO** se bem que, como o nome diz, ele apenas simula.

22



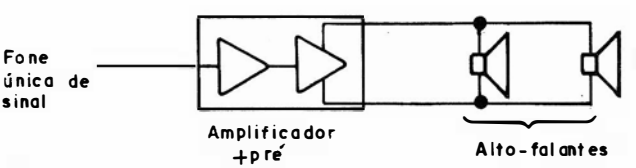
Para os rádios de FM e TV, para se obter uma recepção estéreo é preciso que eles possuam decodificadores.

Os decodificadores são circuitos que separam os sons dos dois canais para reprodução em separado, quando a transmissão é desta modalidade. O sinal transmitido mistura os dois canais, mas com um processamento que permite a posterior separação.

Veja então que temos dois tipos de equipamentos a disposição:

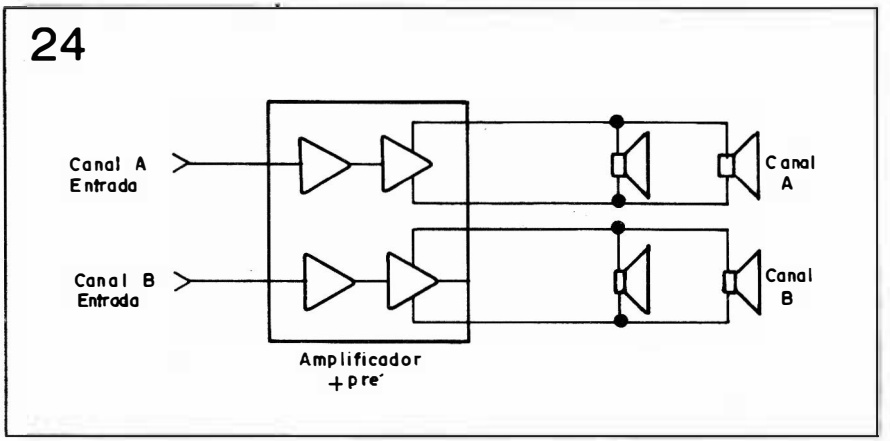
Nos sistemas monofônicos o sinal é processado por um único pré-amplificador, um amplificador de potência e depois entregue a uma ou mais caixas acústicas com alto-falantes, conforme indicado na **figura 23**.

23



No sistema estereofônico, o sinal é processado por dois pré-amplificadores e dois amplificadores sendo então entregue a dois conjuntos de caixas acústicas conforme indicado na **figura 24**.

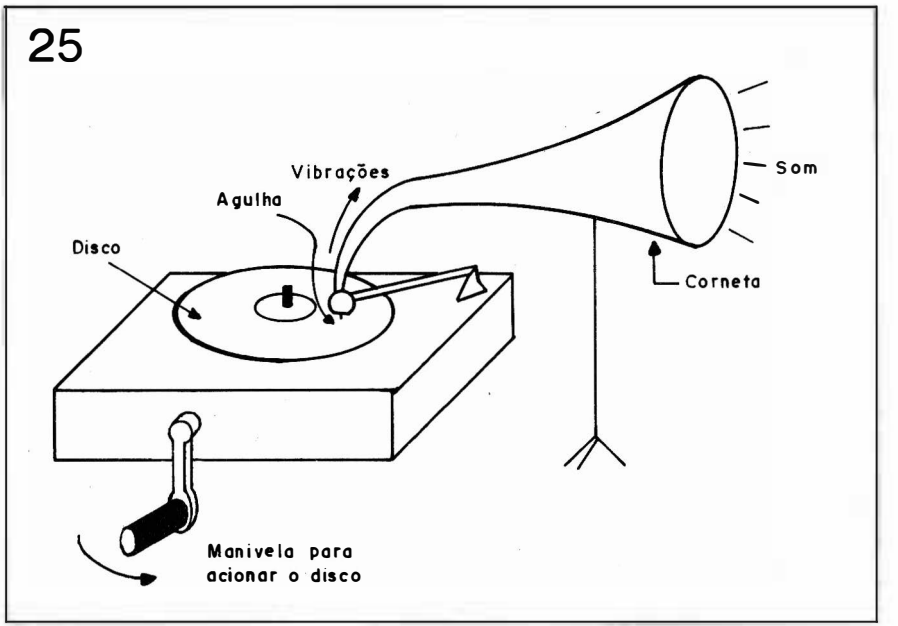
Os amplificadores estéreo possuem chaves que misturam os dois sinais amplificados ou operam com fonte única, permitindo assim a operação em mono.



OS CIRCUITOS ELETRÔNICOS

Chegamos ao momento mais importante para quem deseja montar um equipamento, que é uma análise inicial de como funcionam os circuitos eletrônicos.

No início não havia amplificação. Nos primeiros toca-discos, como o inventado por Thomas Edison e denominado "Gramophone" as vibrações da agulha no sulco do disco em rotação se transmitiam a uma corneta que então vibrava produzindo os sons gravados, conforme mostra a **figura 25**.



Evidentemente, o nível do som era muito baixo e as pessoas deviam ficar bem perto daquele "alto-falante" em forma de corneta para poderem ouvir as gravações.

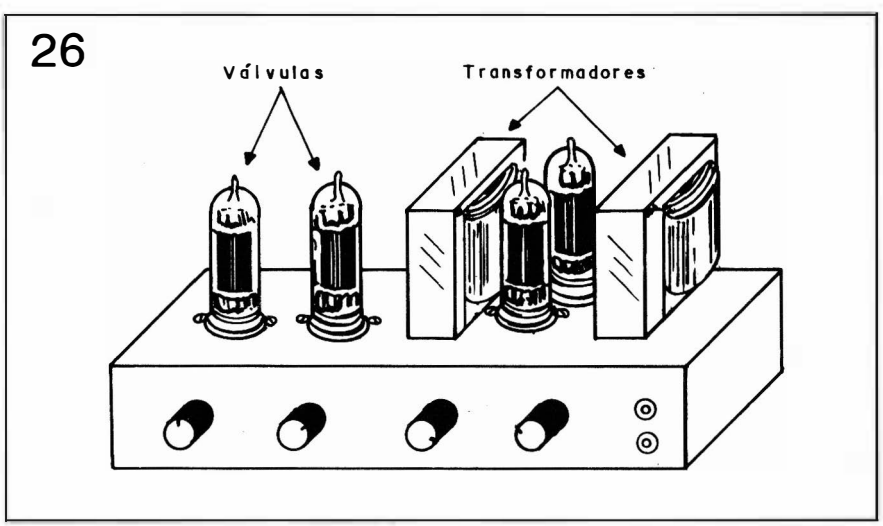
Com a descoberta das válvulas eletrônicas, os primeiros amplificadores puderam ser elaborados e foram constantemente aperfeiçoados até se chegar ao que se denominou HI-FI ou High Fidelity, que traduzido significa Alta Fidelidade.

As válvulas eram excelentes amplificadores e podiam fornecer potências de boas dezenas de watts, mas tinham alguns defeitos.

O primeiro deles é que elas trabalham quentes e por isso precisam de poderosas fontes de alimentação.

O segundo é que sendo dispositivos de alta impedância e os alto-falantes de baixa, os antigos amplificadores precisavam de transformadores para fazer o correto casamento e transferir o sinal, conforme vimos.

O problema é que os transformadores crescem de tamanho, peso e custo à medida que a potência aumenta. Assim, um amplificador de 50W precisava de dois transformadores "ultra-lineares" pesando cada um de 3 a 5 quilos, o que tornava o aparelho enorme, pesado e caro, isso sem se falar no transformador correspondente da fonte de alimentação. Na **figura 26** temos o aspecto de um desses amplificadores que fizeram sucesso entre 1940 e 1960 aproximadamente em todo o mundo.



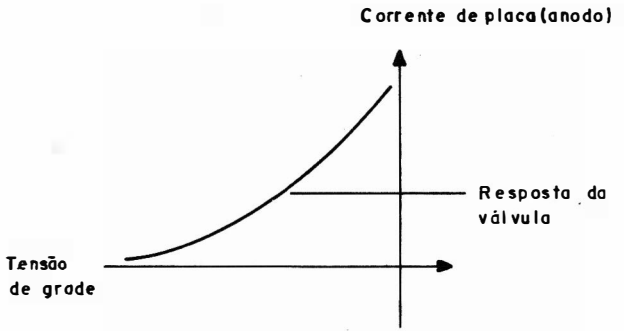
Na verdade, até hoje existem os adeptos destes aparelhos que mantinham algumas características que até hoje os modernos aparelhos integrados e transistorizados não conseguiram alcançar.

Uma delas é o fato da válvula ser um amplificador de tensão, com uma "curva" de resposta bastante linear, conforme mostra a **figura 27**.

Isso significa que mesmo gastando muito energia, trabalhando quente e exigindo grandes transformadores, a válvula pode reproduzir um som praticamente sem distorções.

Ainda hoje, em muitos países, são vendidos (a preço de ouro) amplificadores valvulados no estilo dos "velhos tempos", com respostas de freqüência e fidelidades que deixam os modernos projetistas com inveja.

27



É claro que a moderna tecnologia cada vez mais consegue chegar a respostas tão boas ou até melhores, mas existem sempre os saudosistas...

Com a descoberta dos transistores, os amplificadores puderam ser menores e gastar menos energia.

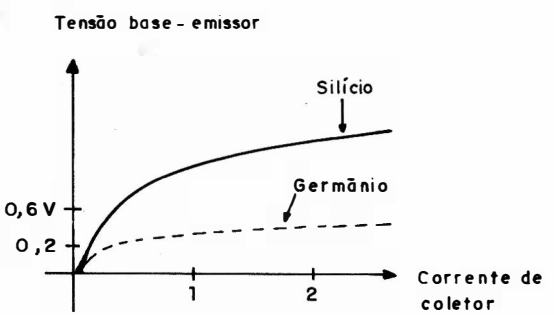
O transistor não precisa ser aquecido para funcionar, opera com tensões muito mais baixas e fornece boas potências com baixas tensões de alimentação.

No entanto, este componente tem uma característica diferente das válvulas: ele é um amplificador de corrente e sua curva de operação não é linear como a da válvula.

O resultado é que, dependendo do modo como ele é usado num circuito, ele pode introduzir distorções que nem sempre são desprezíveis a ponto de comprometer a qualidade de um aparelho.

Na **figura 28** temos uma visão do que ocorre: o transistor só começa a conduzir quando a tensão entre sua base e seu emissor atinge entre 0,6 e 0,7 Volts.

28



O resultado é que se aplicamos por exemplo, um sinal senoidal para este componente reproduzir, como ele não conduz de imediato, uma pequena deformação surge nos pontos em que a tensão passa por zero ou cruza zero volt. Esta deformação é responsável por uma espécie de distorção denominada "por cross-over".

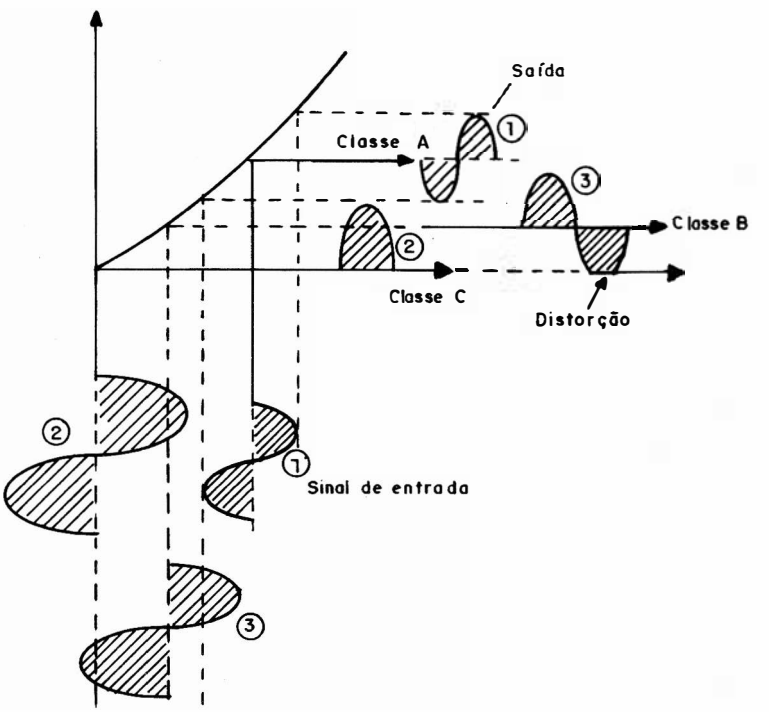
Existem muitas técnicas que permitem minimizar os efeitos desta distorção e até mesmo eliminá-la, mas há um compromisso com a potência obtida na saída do aparelho.

Uma delas consiste em se operar o transistor conduzindo num ponto médio de sua curva, ou seja, em classe A. Nestas condições, o transistor está constantemente consumindo energia e convertendo-a em calor. Menos de 50% da energia consumida é aproveitada para a saída do alto-falante o que significa um rendimento muito baixo.

Já, operando em classe B, o transistor conduz somente quando o sinal a ser amplificado chega até ele. Temos um pouco de distorção, mas o rendimento é maior.

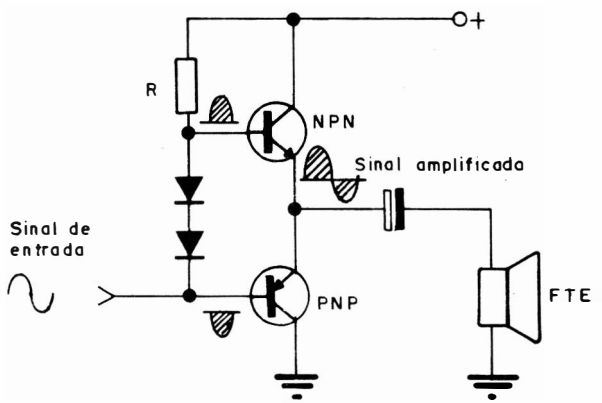
Na **figura 29** mostramos o que ocorre com as polarizações feitas das duas formas.

29



A maioria dos amplificadores transistorizados usa transistores em simetria complementar conforme, circuito mostrado na **figura 30**.

30



Neste circuito, cada transistor só conduz quando amplifica metade do ciclo de um sinal, ou seja, um amplifica as "partes" positivas do sinal e o outro as "partes" negativas.

O resultado é um bom rendimento, mas temos uma pequena distorção no ponto de cruzamento. O sinal é reunido na saída e como ela é de baixa impedância, pode ser ligada diretamente ao alto-falante sem a necessidade de transformadores.

Com o rendimento é alto, podemos obter potências de até mais de 200 watts com estes circuitos, sem precisar de fontes exageradamente grandes. É claro que, para potências muito altas ainda precisamos de um bom transformador na fonte, pois a tensão de rede, por ser elevada demais para a maioria dos transistores, precisa ser abaixada.

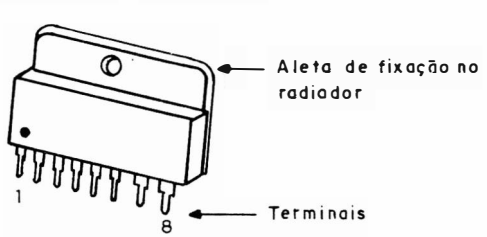
O transformador também tem por finalidade isolar o circuito da rede de energia, garantindo assim segurança para o operador do aparelho que de outra forma ficaria sujeito a choques.

Com o circuito integrado, temos a montagem de todo o circuito, incluindo os transistores de saída de maior potência e todas as demais etapas, num único invólucro, com poucos componentes adicionais externos.

O invólucro já é dotado de recursos para a sua fixação de radiadores de calor como os do tipo SIL (Single In Line) mostrado na **figura 31**.

Um tipo de amplificador bastante popular e encontrado principalmente em equipamentos comer-

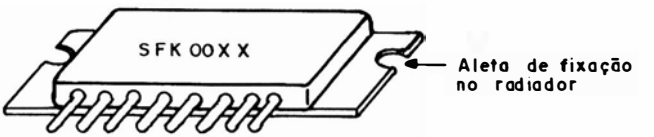
31



ciais do tipo três em um e instrumentos musicais é o amplificador híbrido mostrado na **figura 32**.

Neste dispositivo os componentes são fixados sem invólucros numa base e interligados para depois ser formado em material moldado um invólucro único para todo o conjunto.

32



Temos então um amplificador potente que pode ser fixado diretamente num radiador de calor e com a necessidade de poucos elementos externos.

Veja que, tanto no caso dos integrados, como híbridos, os componentes externos são normalmente capacitores eletrolíticos já que não é possível integrar estes componentes.

Amplificadores integrados e híbridos com potências que vão de fração de watt a mais de 100 watt são disponíveis e com eles podemos montar excelente equipamentos de uso doméstico ou para o carro.

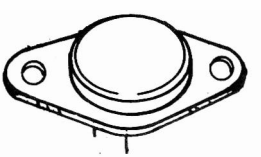
Na parte prática deste livro daremos diversos circuitos de amplificadores usando estes dois importantes elementos de montagem.

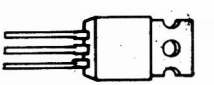
Um componente semicondutor bastante interessante, que merce atenção pelo que pode fazer em áudio, é o transistor de efeito de campo.

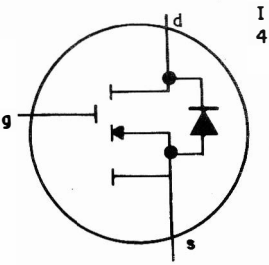
Antes só era possível fabricar FETs (Field Effect Transistor, é a sua abreviação do inglês) de pequena potência e sua aplicação em áudio estava limitada aos pré-amplificadores, trabalhando com sinais de pequena intensidade.

No entanto, tecnologias resultaram na fabricação de transistores FET de potência como os V-FET e os T-FETs de potência.

33







Estes transistores possuem características que se assemelham às das válvulas, pois são típicos amplificadores de tensão, o que permite sua utilização em potentes circuitos com baixíssimas distorções.

Na **figura 33** temos um transistor de potência deste tipo com corrente da ordem de 5 ampères e tensões acima de 400 V.

TÉCNICAS DE MONTAGEM

Não basta ter um bom ferro de soldar e saber interpretar o fundamental de um diagrama para se montar com êxito um projeto de som. Os sinais fracos das entradas dos circuitos e as correntes intensas das etapas de saída são pontos críticos que, se indevidamente tratados podem levar o circuito a diversos tipos de instabilidades.

Algumas observações dadas a seguir ajudarão o leitor a fazer uma boa montagem:

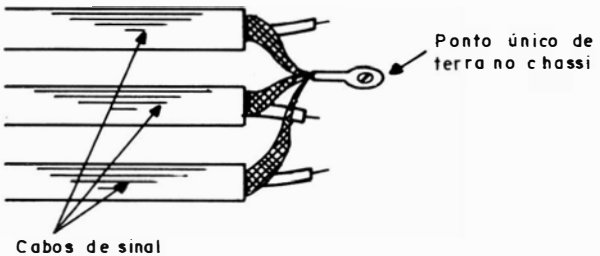
a) Use sempre trilhas largas e com curvas suaves para conduzir as correntes mais fortes do aparelho como por exemplo as que alimentam os coletores dos transistores de saída ou o pino de terra e +V do circuito integrado de potência. Também devem ser largas as trilhas de ligação ao alto-falante. As correntes nestes casos podem ser de vários ampères e se a trilha for fina, a resistência apresentada pode instabilizar o circuito causando oscilações ou mesmo arrebentar.

Uma medida de segurança é usar nestes casos algo como 1,5 mm de largura para cada ampères de corrente que se espera passar pelo circuito.

b) As ligações das entradas devem ser feitas sempre com trilhas bem curtas e a conexão da placa aos jaques de entrada de sinais fracos deve ser feita com fio blindado.

Na **figura 34** mostramos como as malhas de todos os cabos de entradas devem ser aterradas preferivelmente num único ponto para se evitar a captação de zumbidos ou oscilações.

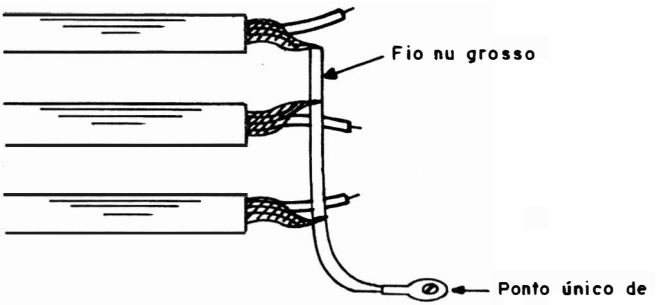
34



c) As caixas de montagem de pré-amplificadores e amplificadores devem ser metálicas. Ligue o negativo da fonte à caixa por meio de um terminal de parafuso e neste ponto também o terra da placa do amplificador de potência usando um fio grosso. A caixa serve de blindagem evitando a captação de zumbidos.

Todas as malhas e pontos de terras de entradas e saídas devem ser ligados preferivelmente com fio grosso a esse ponto, conforme mostra a **figura 35**.

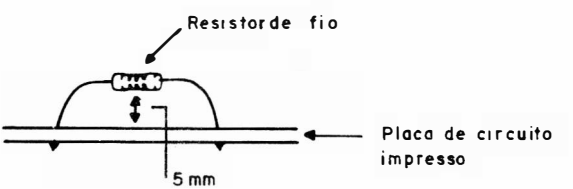
35



d) Use pasta térmica entre os transistores de potência ou circuitos integrados e seus radiadores de modo a ajudar na transferência do calor gerado. Um radiador insuficiente ou a transmissão inadequada do calor gerado pode causar sobreaquecimento do componente e conseqüentemente sua queima.

e) Os componentes sensíveis ao calor ou que trabalha quente devem ter sua localização numa placa de circuito impresso cuidadosamente planejadas. Os resistores de potências, por exemplo devem ficar afastados pelo menos 5 mm da placa, conforme indicado na **figura 36**.

36



Este procedimento ajuda na ventilação e evita que o calor afete a própria placa de circuito impresso.

f) Conexões de correntes elevadas como a dos alto-falantes devem ser feitas com fios grossos e não muito longos. Um cabo longo para uma caixa acústica significa perda de potência.

g) Proteja todos os pontos do circuito sujeitos a correntes elevadas por meio de fusíveis.

h) Evite ligações longas de cabos de sinais ou sua proximidade de outros que possam causar realimentações. Traçnando por exemplo um cabo de saída com um de entrada, podemos causar realimentações e instabilidades num circuito.

i) Use somente componentes de boa qualidade e segundo as especificações do projeto. Lembre-se que um capacitor de poliéster nem sempre substitui um

cerâmico e que os eletrolíticos podem ter as tensões de trabalho indicadas ou maiores, mas nunca menores.

PRÉ-AMPLIFICADORES

Os pré-amplificadores são circuitos que se destinam a aumentar a intensidade dos sinais de entrada de um equipamento de som, normalmente muito pequenas, da ordem de poucos milivolts a centenas de milivolts, de modo que, aplicados às entradas dos amplificadores de potência eles possam ser excitados.

Os pré-amplificadores costumam também incluir controles de tonalidades (graves e agudos) e eventualmente nos equipamentos estereofônicos também um controle de balanço entre os canais.

As saídas devem fornecer sinais entre 0,5 e 5 Volts de amplitude que é o normalmente exigido pelas etapas de potência dos projetos mais comuns e mesmo dos aparelhos comerciais.

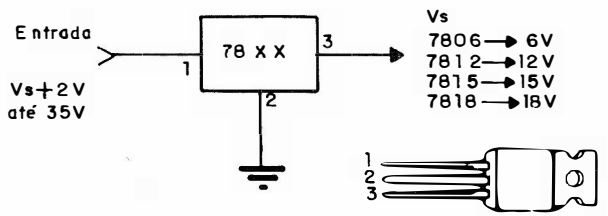
Entre os amplificadores de potência, como os que damos aqui e as fontes de sinal, sempre é necessário ligar o pré-amplificador. Damos diversos projetos a partir de agora, com entradas que podem ser desde tipos únicos para fontes de média intensidade, até com diversas entradas de sensibilidades diferentes, conforme o sinal a ser usado.

Damos também controles ativos de tonalidade que podem formar com as etapas de potência dos amplificadores, pré-amplificadores de uso geral, exigindo-se apenas o pré-amplificador no caso de fontes de sinal muito fracas.

Os circuitos, por terem baixo consumo de corrente podem ser alimentados pela mesma fonte do amplificador com que devem funcionar. Reduções feitas com integrados da série 78XX ou diodos zener são bastante simples.

Na **figura 37** mostramos como pode ser feita a redução.

37



É importante observar que os pré-amplificadores, por trabalharem com sinais muito fracos, são sensíveis a captação de zumbidos e aos zumbidos das próprias fontes de alimentação sendo normal utilizar uma filtragem adicional com um bom capacitor de filtro na própria placa de circuito impresso.

O aterramento das malhas de blindagem e do próprio ponto de 0V do circuito é muito importante para o bom desempenho destes.

COMO TIRAR RONCOS

Os roncos ocorrem quando os sinais de 60 Hz da rede de energia são captados pelo circuito amplificador e amplificados juntamente com os sinais de áudio.

Existem diversas formas segundo as quais estes sinais entram no circuito e portanto diversas formas de se fazer sua eliminação.

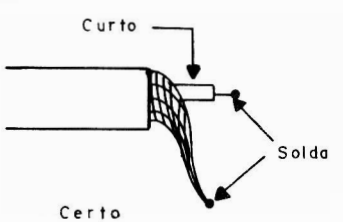
Damos a seguir alguns exemplos com os procedimentos que devem ser tomados:

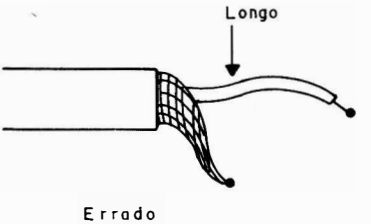
a) Entrada por cabos

Cabos de microfone, fonocaptores, e mesmo do circuito interno que transportam sinai devem ser blindados.

Suas malhas externas devem ser ligadas ao terra do circuito. A parte "descoberta" do cabo deve ser a menor possível, conforme mostra a **figura 38**, pois por este setor pode entrar o sinal causador de ruídos.

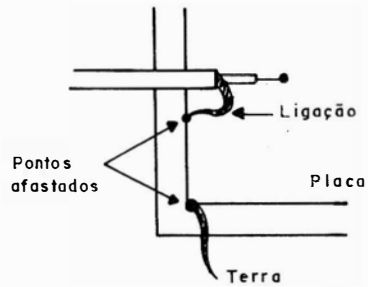
38





A própria ligação à malha, eventualmente deve ser feita em um ponto mais próximo do chassi ou do negativo da fonte, pois se for feita num ponto intermediário conforme mostra a **figura 39**, por ele pode entrar ruído de 60 Hz ou ronco AC.

39

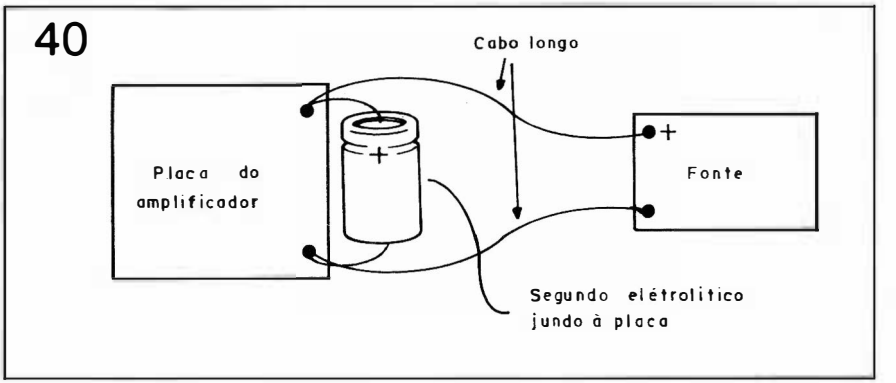


b) Entrada pela fonte

Uma fonte de alimentação com filtragem deficiente ou mesmo ligação ao amplificador por meio de cabo impróprio pode contribuir para a captação de roncos.

Se da fonte ao amplificador for usado um cabo longo, conforme mostra a **figura 40** e ocorrer ronco, devemos colocar um segundo eletrolítico de filtragem junto ao amplificador.

Eventualmente, até mesmo o cabo que vai da fonte a placa do amplificador pode ser blindado para se evitar a irradiação de zumbidos devido a uma filtragem menos eficiente.



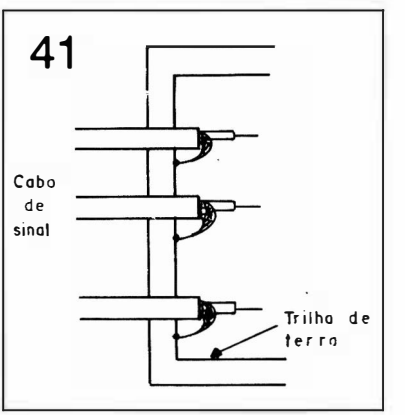
c) Entrada pelo terra

Conforme mostra a **figura 41** se tivermos diversos terras em um mesmo aparelho, entre eles existe uma certa resistência que facilita a entrada de sinais para o circuito.

Estes sinais são os roncos que são amplificados ou até mesmo sinais de estações de rádios próximas que então aparecem no alto-falante.

Uma maneira de se eliminar este tipo de ronco é com a utilização de um terra único ou barra de terras conforme mostra a **figura 42**.

Esta barra de terra, consiste num pedaço de fio de cobre grosso, ligado ao chassi ou caixa do aparelho onde todos os pontos de terra do circuito são ligados.



COMO AUMENTAR AGUDOS

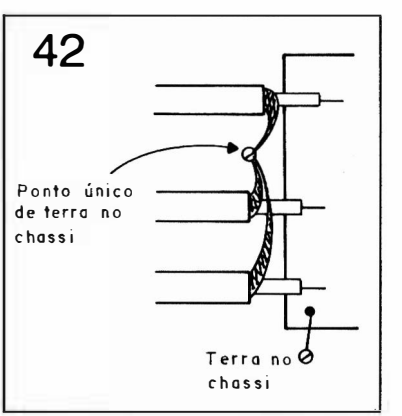
Nos projetos dos amplificadores, os componentes externos e até internos, determinam de início, sua curva de resposta e a intensidade com que aparecem os agudos.

No entanto, o ouvinte pode não estar satisfeito com o nível de agudos de seu amplificador desejando aumentá-lo. Como fazer isso?

Existem casos simples em que isso é possível.

Num amplificador como o da **figura 43**, por exemplo, o capacitor C determina a resposta dos agudos.

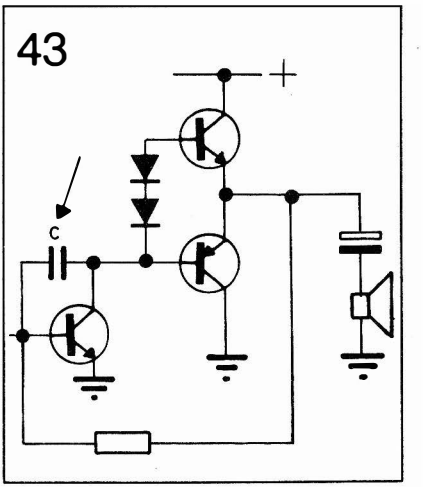
Se este capacitor for reduzido, temos o aumento dos agudos, já que este compo-



nente proporciona uma realimentação negativa seletiva.

No circuito da **figura 44** a redução do capacitor C também ajuda a aumentar os agudos.

No entanto, para os casos em que isso não é possível, nada impede que um equalizador externo com recursos para aumentar os agudos seja utilizado.



COMO MEDIR A POTÊNCIA DE UM AMPLIFICADOR

Ligue na saída do amplificador um resistor de fio de 4 ou 8 ohms (conforme a impedância que se deseja ter na especificação) e de dissipação de pelo menos 50 watts ou maior que a esperada para o amplificador em termos rms.

Injete na entrada do amplificador um sinal de 400 Hz ou 1 KHz e abra todo o volume. Usando um voltímetro ou multímetro na escala de tensões alternadas meça a tensão no resistor.

Sendo V a tensão medida e R a resistência do resistor usado na saída, a potência rms será dada por:

$$P = V^2 / R$$

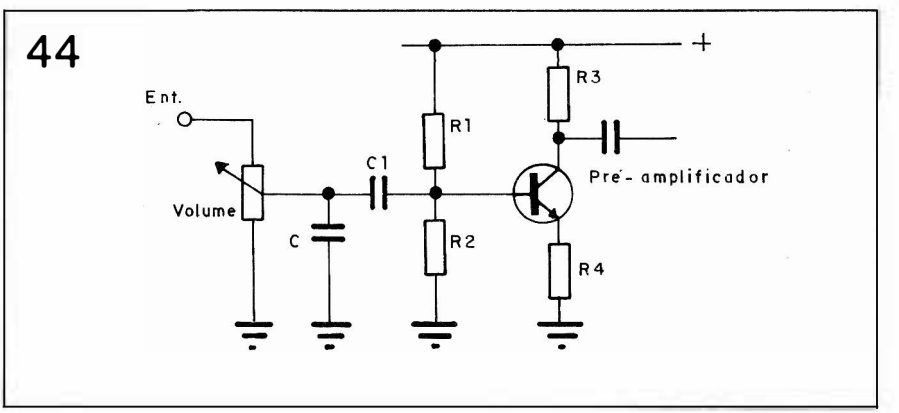
Por exemplo, se medirmos 10V sobre 4 ohms teremos:

$$P = (10 \times 10) / 4$$

$$P = 25 \text{ watts rms}$$

Para obter o valor de pico multiplicamos o valor rms por 1,4 e para obter pico a pico, multiplicamos por 2,8.

O valor PMPO será aproximadamente 4 vezes o valor rms.



• • •

PROJETO 1

CONTROLE DE TOM ATIVO

Este circuito é ao mesmo tempo, um excelente controle de tom com características de equalização Baxandall numa faixa de 20 a 20 000 Hz e um pré-amplificador que, com entradas de 250 mV, fornece uma saída de 2 V de amplitude, ou seja, tem um ganho de tensão de 8 vezes.

Podemos usá-lo na entrada de qualquer amplificador de potência que então passará a funcionar satisfatoriamente com sinais de 50 a 250 mV excitando a maioria dos circuitos à plena potência.

A distorção do circuito é de apenas 0,85% em 12 KHz para uma tensão de saída de 2V, e para sinais de intensidades menores a distorção cai a menos de 0,1%.

O circuito proporciona reforço e atenuação da ordem de 15 dB nos extremos da faixa de graves e agudos e sua alimentação é feita com uma tensão de 18V obtida do próprio amplificador.

Para uma versão estereofônica é preciso montar dois circuitos iguais, sendo um para cada canal.

COMO FUNCIONA

Um único transistor atua como elemento ativo na configuração de emissor comum. O sinal de áudio aplicado à base é realimentado ao controle de tom a partir do coletor via C4. Os potenciômetros P1 e P2 são controles de dois filtros separados seletivos que determinam o nível de realimentação e portanto atenuação dos sinais. Os resistores e capacitores associados a estes controles determinam a faixa de freqüência em que o circuito atua. A impedância de entrada obtida é da ordem de 38 k ohms, e a de saída da ordem de 200 ohms.

MONTAGEM

Na **figura 45** temos o diagrama esquemático correspondente a um canal do controle de tom.

Os componentes podem facilmente ser instalados numa placa de circuito impresso com a distribuição sugerida na **figura 46**.

Os potenciômetros devem ser lineares e os resistores de 1/8W ou mais com 5% de tolerância. Os capacitores eletrolíticos são para 25V de tensão de trabalho.

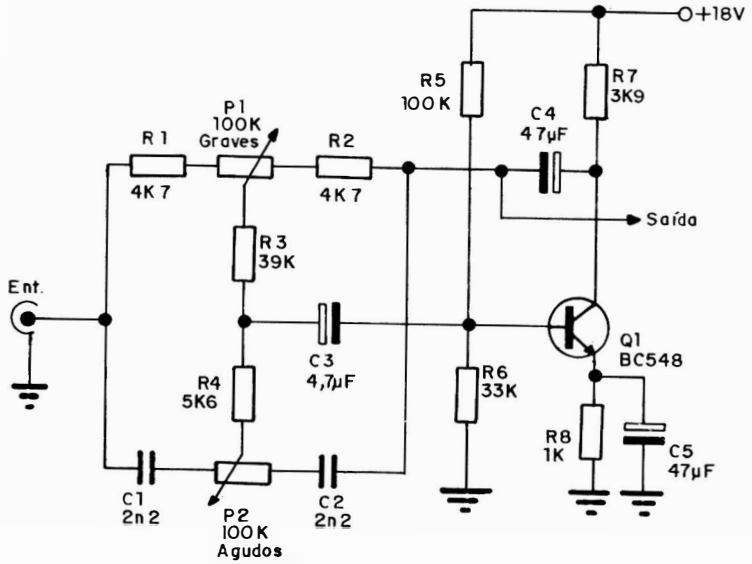
Na montagem, aterre bem os pontos sensíveis a captação de zumbidos e use cabo blindado para a conexão ao jaque de entrada. Transistores equivalentes como os BC238 (PHILIPS COMPONENTS) ou mesmo BC108 (PHILIPS COMPONENTS) podem ser usados.

Os capacitores de menor valor como C1, C2 e C4 tanto podem ser de poliéster metalizado como styroflex.

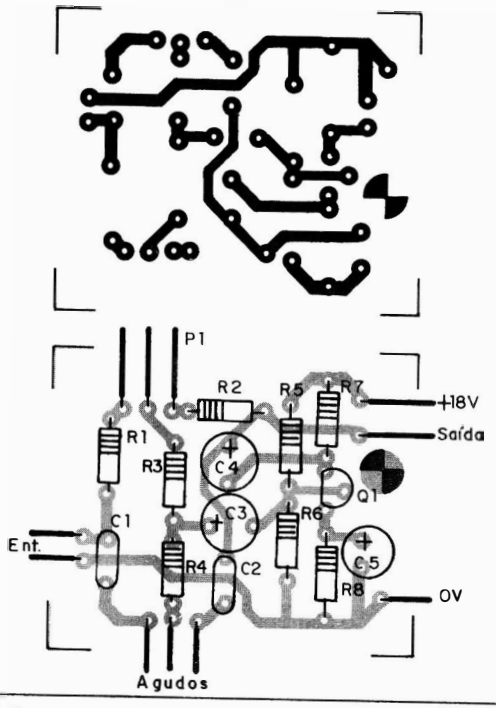
UTILIZAÇÃO

Para provar o aparelho alimente-o e ligue sua saída na entrada de um bom amplificador. Aplicando um sinal na entrada deve ocorrer a reprodução clara deste sinal. Se houver distorção, reduza sua intensidade porque está havendo saturação do circuito. Atue sobre os controles de tom para verificar sua ação.

45


+18V
R5
100K
R7
3K9
P1
100K
Graves
R1
4K7
R2
4K7
C4
47µF
Saída
R3
39K
Ent.
C3
4,7µF
Q1
BC548
R4
5K6
R6
33K
R8
1K
C5
47µF
C1
2n2
P2
100K
Agudos
C2
2n2

46


P1
R2
R5
R7
+18V
R1
Saída
R3
C4
Q1
C3
R6
C1
Ent.
C5
R4
C2
R8
0V
Agudos

Se ocorrerem ruídos ou roncos, verifique os aterramentos e a filtragem da fonte. Ligue um capacitor de 100 µF x 25V entre a alimentação e o terra para reduzir os roncos caso eles venham da fonte.

Para usar é só instalar este circuito na entrada de seu amplificador, aproveitando a mesma caixa.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- Q1 - BC548 ou equivalente - transistor NPN de uso geral PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES

- R1 e R2 - 4k7 (amarelo, violeta, vermelho)
- R3 - 39k (laranja, branco, laranja)
- R4 - 5k6 (verde, azul, vermelho)
- R5 - 100k (marrom, preto, amarelo)
- R6 - 33k (laranja, laranja, laranja)
- R7 - 3k9 (laranja, branco, vermelho)
- R8 - 1k (marrom, preto, vermelho)
- P1 e P2 - 100k (potenciômetros lineares)

CAPACITORES

- C1 e C2 - 2n2 (cerâmico ou poliéster)
- C3 - 4,7 µF x 25V (eletrolítico)
- C4 - 47 pF (cerâmico)
- C5 - 47 µF x 25V (eletrolítico)

DIVERSOS

- Placa de circuito impresso, jaque de entrada, botões de plástico para P1 e P2, fios blindados, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trimpots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 2

PRÉ-AMPLIFICADOR COM CONTROLE DE TOM DE DUAS ENTRADAS

Este projeto, bem mais elaborado que o anterior, possui entradas para sinais de 200 mV e de 85 mV fornecendo em sua saída uma tensão de 290 mV o que está dentro do exigido pela maioria dos amplificadores de potência de boa qualidade.

O circuito tem ainda controle de graves e agudos além de volume. São usados dois transistores que garantem um excelente desempenho para o projeto, que facilmente pode ser adaptado a qualquer amplificador de potência, já que precisa de apenas 12V de alimentação com um consumo muito baixo.

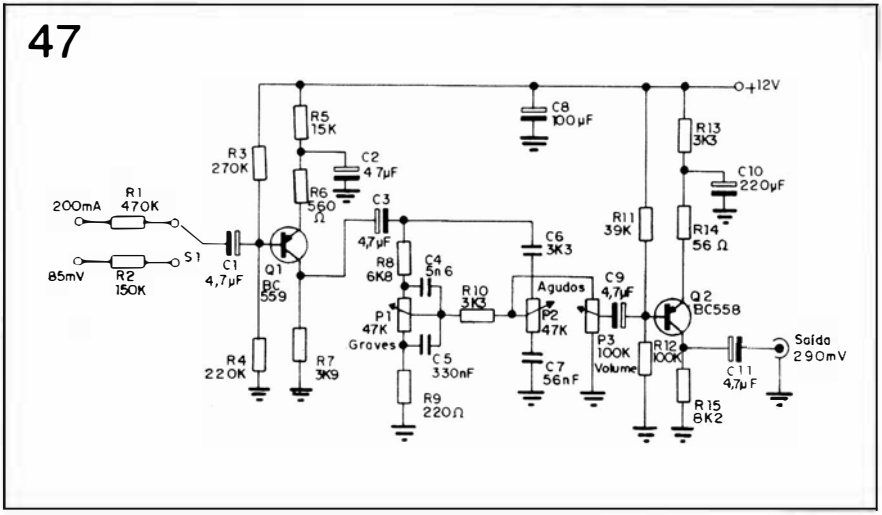
A alimentação pode facilmente ser retirada do aparelho com que ele deve funcionar.

Duas unidades iguais devem ser montadas se o amplificador for ESTÉREO. A impedância de entrada para sinais de 200 mV é da ordem de 470k e para 85mV da ordem de 150k.

Um transistor de baixo ruído na entrada ajuda a obter o excelente desempenho previsto pelo projeto.

COMO FUNCIONA

O sinal aplicado à base do transistor vindo de qualquer das duas entradas, passa por C1 e é retirado do emissor com uma boa amplificação, de modo a se



compensar as perdas que ocorrem no controle passivo de tom.

Os resistores R3 e R4 polarizam a base do transistor de entrada determinando sua impedância e o ganho.

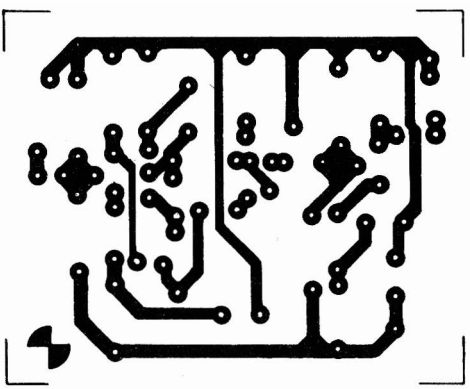
A rede de resistores e capacitores em torno de P1 e P2 formam o circuito de controle de tom. Para os graves, os capacitores C3 e C4 determinam o limite inferior da curva em relação à freqüência com a atenuação e reforço desejados.

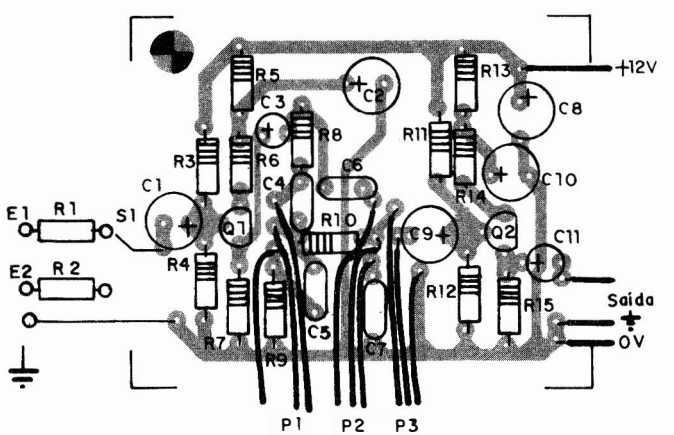
Para os agudos, os capacitores C3 e C7 determinam a forma de atuação do controle formado por P2.

O sinal que passa pelo controle de tom sofre forte atenuação que é compensado por mais uma etapa de amplificação. Passando então pelo controle de volume, o sinal é aplicado à base de Q2 onde sofre nova amplificação. Os resistores R11 e R12 determinam o ganho da etapa, assim como R13 e R14. O sinal amplificado aparece com uma impedância da ordem de 10k na saída feita pelo coletor de Q2.

O capacitor C8 desacopla a fonte evitando instabilidades e ruídos, e os capacitores C2 e C10 melhoram a estabilidade dos transistores nas altas freqüências.

48





MONTAGEM

Na **figura 47** temos o diagrama completo do pré-amplificador com controle de tom para um canal.

Todos os componentes deste canal, pode ser instalados numa placa de circuito impresso, segundo disposição que é mostrada na **figura 48**.

Os capacitores eletrolíticos precisam ter uma tensão de trabalho de pelo menos 16V.

Para conexões de entradas e saídas de sinais, devem ser usados cabos blindados com as malhas externas devidamente aterradas.

A fonte de alimentação pode ser aproveitada do próprio amplificador com que o circuito operar.

UTILIZAÇÃO

Para a prova, alimente o circuito com uma fonte externa e ligue sua saída a um amplificador de potência. Aplique um sinal na entrada. Cuidado para que o sinal não seja muito forte o que causaria saturação e distorção.

Verifique a reprodução atuando sobre os controles do pré-amplificador. Se ocorrerem roncos ou instabilidades verifique a filtragem da fonte e o aterramento dos cabos de sinal.

Comprovado o funcionamento é só fazer uso, instalando o aparelho em definitivo na mesma caixa do amplificador. Aterre bem os pontos de 0V para que a caixa de metal do amplificador sirva de blindagem.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- Q1 - BC559 - transistor PNP de baixo ruído PHILIPS COMPONENTS
- Q2 - BC558 - transistor PNP de uso geral PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES

- R1 - 470k (amarelo, violeta, amarelo)
- R2 - 150k (marrom, verde, amarelo)
- R3 - 270k (vermelho, violeta, amarelo)
- R4 - 220k (vermelho, vermelho, amarelo)
- R5 - 15k (marrom, verde, laranja)
- R6 - 560 ohms (verde, azul, marrom)
- R7 - 3k9 (laranja, branco, vermelho)
- R8 - 6k8 (azul, cinza, vermelho)
- R9 - 220 ohms (vermelho, vermelho, marrom)
- R10 - 3k3 (laranja, laranja, vermelho)
- R11 - 39k (laranja, branco, laranja)
- R12 - 100k (marrom, preto, amarelo)
- R13 - 3k3 (laranja, laranja, vermelho)
- R14 - 56 ohms (verde, azul, preto)
- R15 - 8k2 (cinza, vermelho, vermelho)
- P1 e P2 - 47k (potenciômetros lineares)
- P3 - 100k (potenciômetro logarítmico)

CAPACITORES

- C1, C3, C9 e C11 - 4,7 μF x 16V (eletrolítico)
- C2 - 47 μF x 16V (eletrolítico)
- C4 - 5,6nF (cerâmico ou poliéster)
- C5 - 330 nF (poliéster)
- C6 - 3,3nF (cerâmico ou poliéster)
- C7 - 56 nF (cerâmico ou poliéster)
- C8 - 100 μF x 16V (eletrolítico)
- C10 - 220 μF x 16V (eletrolítico)

DIVERSOS

- S1 - Chave de 1 pólo x 2 posições
- Placa de circuito impresso, botões de plástico para os potenciômetros, fios blindados, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 44925... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 3

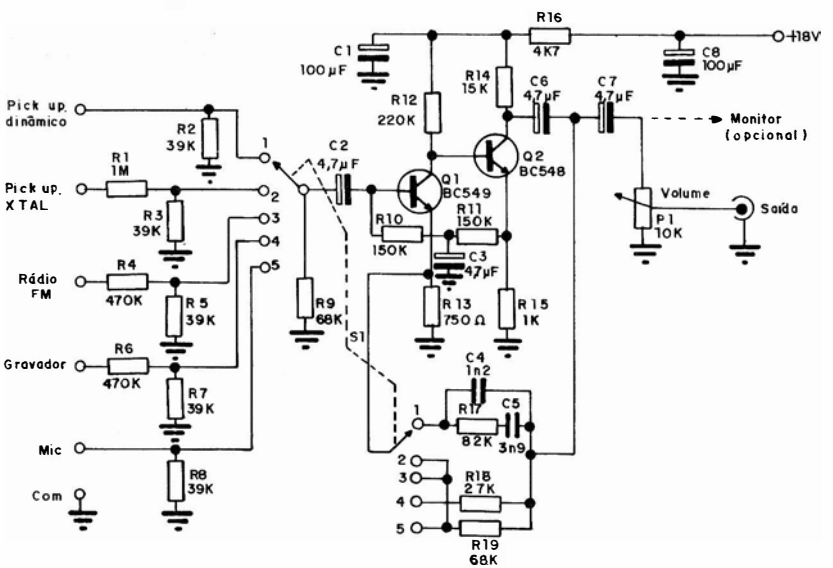
PRÉ-AMPLIFICADOR UNIVERSAL COM 5 ENTRADAS

Este excelente circuito possui entradas com sensibilidades diferentes, permitindo a ligação de toca-discos com fonocaptores dinâmicos, de cristal, sintonizadores AM/FM, gravadores e também uma entrada para microfone de baixa impedância.

Com dois transistores, ele tem uma chave que, ao mesmo tempo que seleciona a entrada a ser usada, também coloca no circuito a rede de equalização correspondente, por exemplo, RIAA para os fonocaptores, NAB para o gravador e linear para sintonizador e microfone.

O circuito é alimentado por uma tensão de 18V que pode ser aproveitada do próprio amplificador, já que o consumo é reduzido.

49

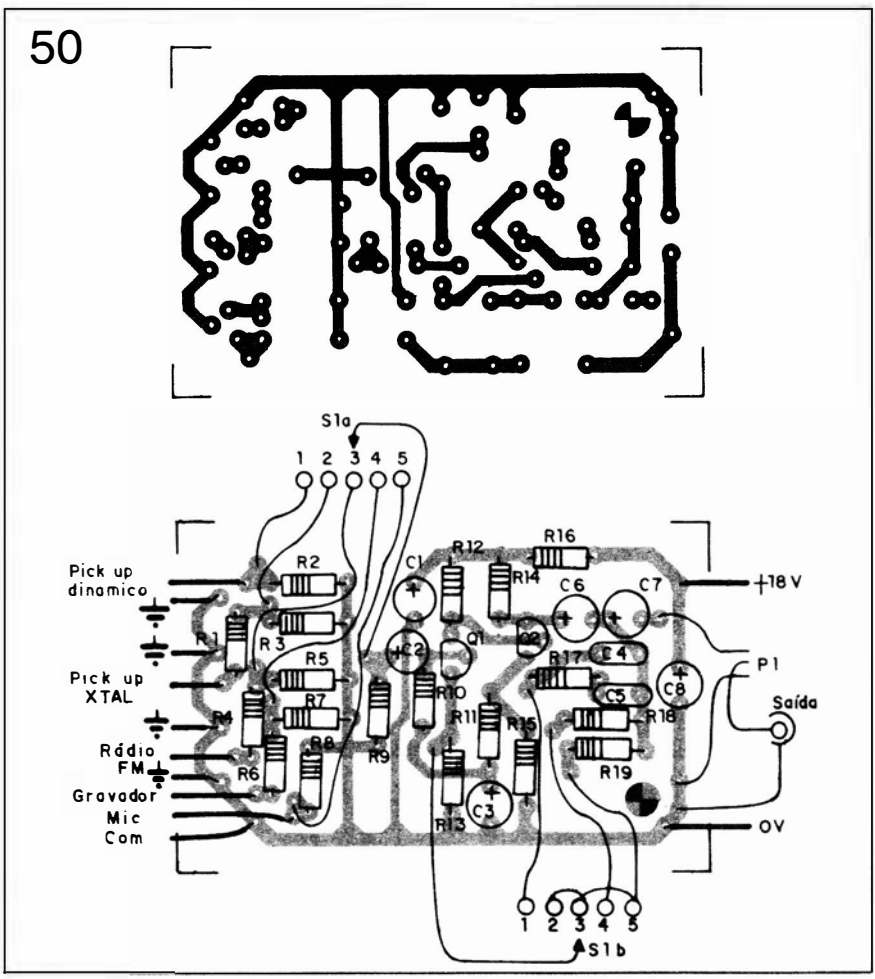


Evidentemente, se o montador quiser dispor de apenas uma entrada numa aplicação específica, pode retirar a chave comutadora e deixar os componentes correspondentes fixos.

Para uma versão **ESTÉREO** os componentes devem ser duplicados e a chave deve ser de 4 pólos x 5 posições.

FUNCIONAMENTO

Os sinais de entrada encontram rede atenuadoras que casam sua impedância com as características do primeiro transistor. Estes sinais são selecionados por uma chave (S1) e levados via C2 à base do primeiro transistor (Q1) que é de alto ganho e baixo ruído. Os sinais amplificados por este transistor são levados diretamente à base de um segundo amplificador (Q2) onde recebem nova amplificação para saírem pelo seu coletor.



Do coletor do transistor Q2 os sinais são levados via C6 e C7 ao controle de volume que tem o seu cursor ligado à saída.

Parte dos sinais volta via diversas redes de realimentação ao emissor do primeiro transistor. Conforme a rede selecionada, por exemplo, formada por C4, R17 e C5 temos o estabelecimento de reforços e atenuações de certas freqüências. No caso a rede estabelece uma equalização RIAA, já que ela será conectada quando fonocaptores forem ligados ao circuito.

O resistor R16 em conjunto com C1 reduz e filtra a alimentação.

R10, R11 e C3 formam uma rede de realimentação positiva que determina o ganho do circuito.

MONTAGEM

Na **figura 49** temos o diagrama completo deste pré-amplificador, correspondendo a um dos canais. Na versão ESTÉREO deve ser duplicado o circuito.

A disposição dos componentes de um canal numa placa de circuito impresso é indicada na **figura 50**.

Os resistores são de 1/8 ou 1/4W com 5% ou mais de tolerância.

Os capacitores eletrolíticos são especificados para uma tensão mínima de trabalho de 16V, exceto C8 que deve ser para 25V. Os demais capacitores podem ser de poliéster metalizado desde que sejam de boa procedência e de fabricação indônea.

O potenciômetro de volume P1 deve ser logarítmico e, para a chave comutadora de entradas, podemos optar tanto pelo modelo rotativo tradicional como pelo tipo de teclas.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES
- Q1 - BC549 - transistor NPN de baixo ruído PHILIPS COMPONENTS
- Q2 - BC548 - transistor NPN de uso geral PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES
- R1 - 1M (marrom, preto, verde)
- R2, R3, R5, R7 e R8 - 39k (laranja, branco, laranja)
- R4 e R6 - 470k (amarelo, violeta, amarelo)
- R9 - 68k (azul, cinza, laranja)
- R10 e R11 - 150k (marrom, verde, amarelo)
- R12 - 220k (vermelho, vermelho, amarelo)
- R13 - 750 ohms (violeta, verde, marrom)
- R14 - 15k (marrom, verde, laranja)
- R15 - 1k (marrom, preto, vermelho)
- R16 - 4k7 (amarelo, violeta, vermelho)
- R17 - 82k (cinzas, vermelho, laranja)
- R18 - 27k (vermelho, violeta, laranja)
- R19 - 68k (azul, cinza, laranja)
- P1 - 10k (potenciômetro logarítimico)

CAPACITORES
- C1 - 100 µF x 16V (eletrolítico)
- C2, C3, C6 e C7 - 4,7 µF x 16V (eletrolíticos)
- C4 - 1,2n (cerâmico ou poliéster)
- C5 - 3,9n (cerâmico ou poliéster)
- C8 - 100 µF x 25V (eletrolítico)

DIVERSOS
- S1 - Chave de 2 pólos x 5 posições - vertexto
- Placa de circuito impresso, botão para P1, jaques de entrada e saída, fios blindados, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

Os transistores admitem equivalentes como o BC239 para Q1 e o BC238 (PHILIPS COMPONENTS) para Q2.

A escolha dos jaques para as entradas depende exclusivamente do leitor.

UTILIZAÇÃO

Para provar o pré-amplificador, ligue sua saída à entrada de um bom amplificador e alimente o aparelho com fonte estabilizada ou retire a alimentação do próprio amplificador.

Selecione a entrada desejada e aplique um sinal, ajustando o volume para melhor reprodução. Se constatar roncos ou instabilidades, verifique a blindagem dos fios e a estabilização e filtragem da fonte.

Comprovando que a unidade funciona bem, instale-a em definitivo na mesma caixa de seu amplificador.

As saídas para o amplificador final devem ser feitas por meio de cabos blindados.

• • •

AMPLIFICADORES

Os projetos que apresentamos a partir de agora são de amplificadores de potência. Em conjunto com os pré-amplificadores eles podem formar os mais diversos tipos de equipamentos de som.

A potência a ser escolhida pelo montador vai depender da aplicação. Assim, temos desde pequenos amplificadores cuja potência está na faixa de fração de watt a alguns watts e que podem ser usados em equipamentos portáteis alimentados por pilhas, para fones ou como reforçadores de pequenos rádios, até poderosos circuitos com dezenas de watts que podem formar um "som pesado" para ambientes de médias e mesmo grandes dimensões.

É importante alertar os leitores que não é muito prático se pensar em montar amplificadores de mais de 200 watts. Mesmo nos estádios e cinemas quando potências muito altas são necessárias, o que se faz é ligar em conjunto módulos, cada qual contendo um amplificador de menor potência.

Desta maneira, não só o custo real se reduz, pois um amplificador de 200 W é mais caro que dois de 100, como a própria manutenção se torna mais simples, já que se um apresentar problema, o outro ou outros, podem perfeitamente continuar operando.

Se o leitor precisa ou quer potência maior do que a do nosso maior amplificador, fica a sugestão de se montar diversas unidades num "rack" e ligá-las em conjunto. Analise o preço da montagem de cada um e o custo de um único que tenha uma potência muito alta, equivalente a soma dos aparelhos associados.

As montagens propostas são simples e na maioria dos casos os componentes são fáceis de encontrar. No entanto, o mercado de componentes sofre muitas mudanças, principalmente quando se fala em componentes importados. Assim, se bem que na época da elaboração deste livro os principais componentes eram encontrados nas principais lojas dos grandes centros, faltas momentâneas ou mesmo inesperadas podem ocorrer, antes de fazer qualquer montagem verifique se os componentes principais como transistores, circuitos integrados ou circuitos híbridos estão disponíveis.

• • •

PROJETO 4

AMPLIFICADOR TRANSISTORIZADO DE 0,5WATT

O primeiro projeto de amplificador que apresentamos é de uma unidade de 0,5W transistorizada e com excelente qualidade de som. Este amplificador pode ser usado em toca-discos portáteis, como reforçador para walk-man e pequenos rádios ou ainda num toca-fitas econômico aproveitando-se o mecanismo de algum tipo usado em carros.

O circuito é alimentado por 9V que pode ser obtido de fonte, bateria ou mesmo pilhas. São usados 4 transistores bastante comuns e de baixo custo e a saída admite cargas de 4 ou 8 ohms.

O circuito tem excelente sensibilidade podendo operar com sinais de entrada a partir de 50mV.

FUNCIONAMENTO

Os sinais aplicados à entrada passa inicialmente pelo controle de volume de onde são enviados via C2 à base de um transistor pré-amplificador (Q1). Este transistor está na configuração de emissor comum e tem por característica um alto ganho, dado pela rede de resistores de polarização (R1, R2 e R3).

O sinal pré-amplificado retirado do coletor deste transistor é levado diretamente a base de um driver PNP que é Q2. Este transistor excita a etapa de saída em simetria complementar transferindo os semi-ciclos negativos do sinal a Q3 e os positivos a Q2.

Na amplificação Q3 e Q4 carregam e descarregam o capacitor C6 através do alto-falante havendo assim a reprodução do sinal de áudio. Observe que a retirada do sinal dos emissores dos transistores de saída lhe dá uma baixa impedância. O diodo D1 polariza a etapa de saída determinando em conjunto com R9 a corrente de repouso.

C1 e C7 fazem a filtragem da alimentação e C4 determina a resposta de freqüência das etapas de entrada.

MONTAGEM

Na **figura 51** temos o diagrama esquemático deste amplificador monofônico.

A **figura 52** temos a disposição dos componentes para uma placa de circuito impresso correspondente a um canal.

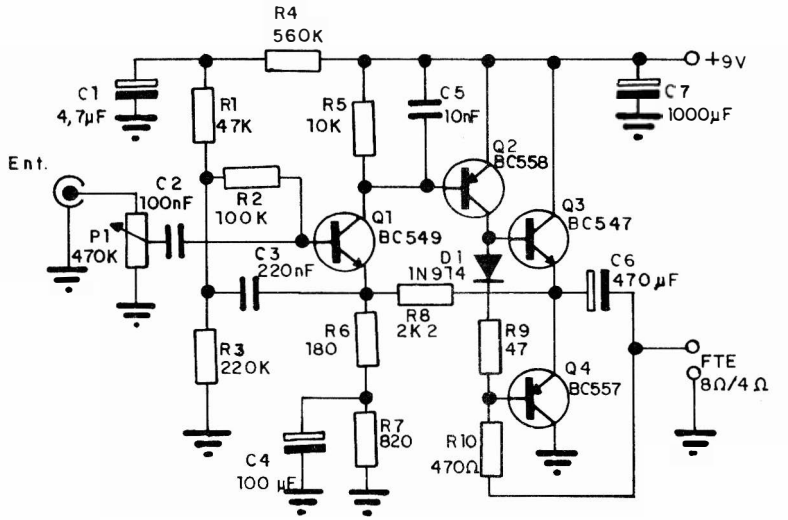
Os resistores usados podem ser de 1/2 ou 1/4W e os capacitores eletrolíticos têm uma tensão de trabalho de 12V.

Os demais capacitores podem ser de poliéster, cerâmicos ou de qualquer outro tipo disponível.

O potenciômetro de volume deve ser logarítmico e para a entrada de sinais deve ser empregado um cabo blindado com a malha devidamente aterrada. O diodo D1 pode ser qualquer um de silício de uso geral.

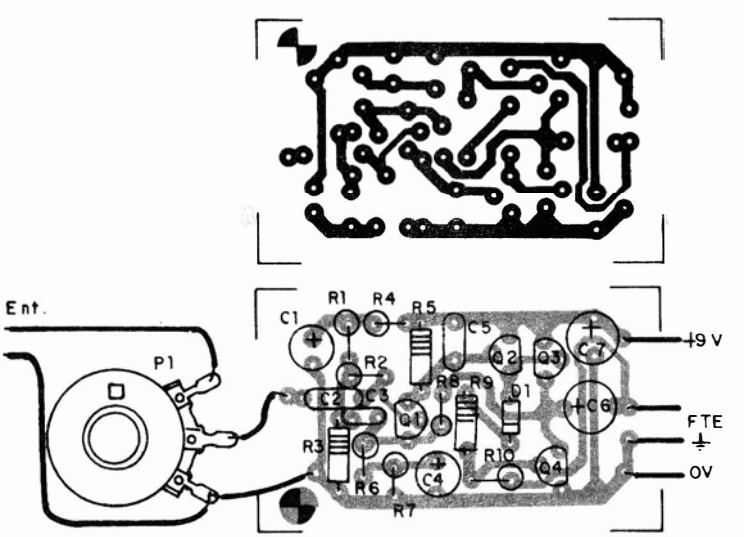
Uma pequena caixa de plástico ou ainda de madeira pode ser usada para o

51



amplificador. O alto-falante de 4 ou 8 ohms com pelo menos 10 cm deve ser montado numa pequena caixa acústica.

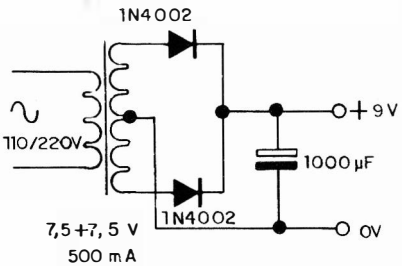
52



A alimentação pode vir de pilhas ou então da fonte mostrada na **figura 53**.

Nesta fonte o transformador é de 6+6V ou ainda 7,5+7,5V com pelo menos 500 mA de corrente.

53



UTILIZAÇÃO

Para testar o aparelho alimente-o, ligue na saída um alto-falante e na entrada uma fonte de sinal. Se for um walkman, um resistor de 100 ohms deve servir de carga para a saída de fonte. Ajuste o volume para a melhor reprodução.

Se houver distorção reduza a intensidade do sinal na entrada ou o volume em P1.

Se ocorrer ronco, verifique a fonte e as blindagens dos cabos de entrada de sinais.

Verificado o bom funcionamento é só utilizar o seu amplificador. Para fontes de sinais muitos fracos, como microfones e cápsulas magnéticas é preciso usar um pré-amplificador.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- Q1 - BC549 - transistor NPN de baixo ruído PHILIPS COMPONENTS
- Q2 - BC558 - transistor PNP de uso geral PHILIPS COMPONENTS
- Q3 - BC547 - transistor NPN de uso geral PHILIPS COMPONENTS
- Q4 - BC557 - transistor PNP de uso geral PHILIPS COMPONENTS
- D1 - 1N914 ou equivalente - diodo de uso geral de silício PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES (5%)

- R1 - 47k (amarelo, violeta, laranja)
- R2 - 100k (marrom, preto, amarelo)
- R3 - 220k (vermelho, vermelho, amarelo)
- R4 - 560k (verde, azul, amarelo)
- R5 - 10k (marrom, preto, laranja)
- R6 - 180 ohms (marrom, cinza, marrom)
- R7 - 820 ohms (cinza, vermelho, marrom)
- R8 - 2,2k (vermelho, vermelho, vermelho)
- R9 - 47 ohms (amarelo, violeta, preto)
- R10 - 470 ohms (amarelo, violeta, marrom)
- P1 - 470k (potenciômetro log)

CAPACITORES

- C1 - 4,7 µF x 12V (eletrolítico)
- C2 - 100 nF (poliéster ou cerâmico)
- C3 - 220 nF x 12V (poliéster ou cerâmico)
- C4 - 100 µF (eletrolítico)
- C5 - 10 nF x 12V (poliéster ou cerâmico)
- C6 - 470 µF (eletrolítico)
- C7 - 1 000 µF x 12V (eletrolítico)

DIVERSOS

- Placa de circuito impresso, botão para o potenciômetro, jaque de entrada, caixa para montagem.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 5

AMPLIFICADOR INTEGRADO DE 1 A 3 WATTS

O amplificador que descrevemos tem por elemento principal o integrado LM380. Este integrado pode ser alimentado com tensões de até 22 Volts e em função desta tensão e da impedância do alto falante temos as potências de saída, conforme a seguinte **tabela**:

TABELA

Tensão de alimentação (V)	Impedância do FTE	Potência (W)
9 V	4 ohms	1,0 W
12 V	4 ohms	2,5 W
14 V	4 ohms	3,0 W
12 V	8 ohms	1,5 W
18 V	8 ohms	3,0 W
16 V	16 ohms	1,5 W
22 V	16 ohms	3,5 W

O ganho de tensão é de 50 vezes e a distorção harmônica total é de apenas 0,2%.

A faixa de freqüências é 100 KHz e a corrente típica de repouso da ordem de 10 mA.

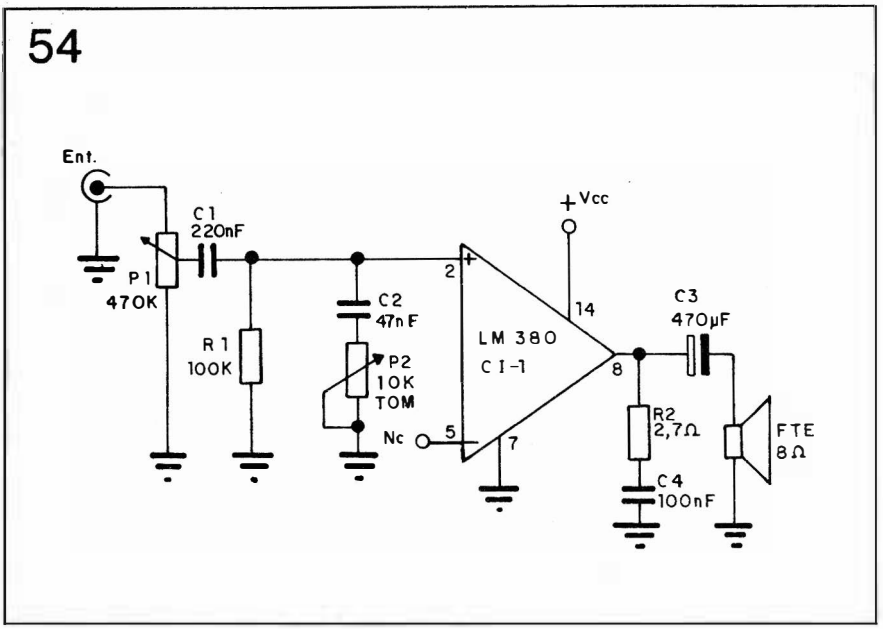
FUNCIONAMENTO

Os sinais aplicados na entrada, passam pelo controle de volume que é P1 e antes de serem levados ao circuito integrado, passam por um filtro RC formado por P2 e C2, que consistem num controle de tom. Com P2 todo fechado (resistência mínima) os sinais de altas freqüências são curto-circuitados à terra havendo então uma redução dos agudos. Com P2 todo aberto (máxima resistência) a atenuação dos agudos é mínima.

Os sinais aplicados na entrada (2) do integrado, aparecem amplificados na sua saída e via C3 são aplicados ao alto-falante. O resistor R2 em conjunto com C4 formam uma rede de compensação de impedância, mantendo-a baixa nas altas freqüências de modo a equilibrar o aumento de impedância do alto-falante no extremo superior da faixa de áudio.

MONTAGEM

O diagrama esquemático do amplificador é mostrado na **figura 54**.



A colocação dos componentes numa placa de circuito impresso correspondente a um canal é mostrada na **figura 55**.

O circuito integrado precisa de um radiador de calor que consiste numa aleta de metal colada no seu invólucro com epoxi ou outra cola forte, conforme mostra a **figura 56**.

Os resistores usados são de 1/8W ou mais e o eletrolítico C3 é para tensão de 25V. Os demais capacitores podem ser de poliéster metalizado, schiko ou cerâmicos conforme o valor e disponibilidade.

Os potenciômetros podem ser log ou lin, e o de volume pode incluir um interruptor geral para ligar e desligar o aparelho.

O alto-falante deve ser de boa qualidade com pelo menos 4 polegadas e montado numa pequena caixa acústica, para maior rendimento.

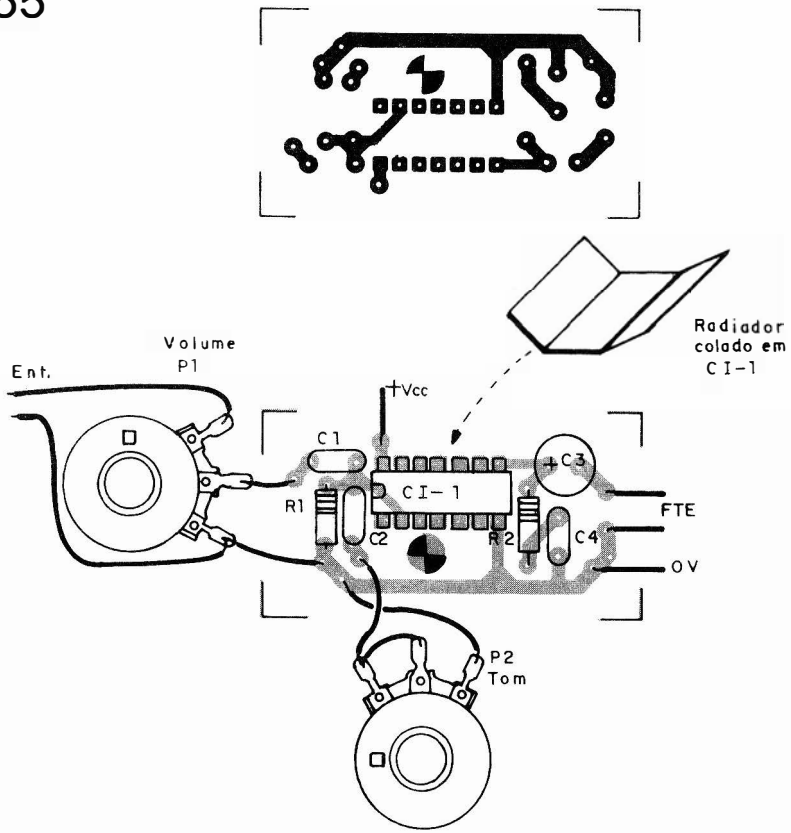
UTILIZAÇÃO

Na **figura 57** temos uma fonte de alimentação que serve para a versão monofônica (1 canal).

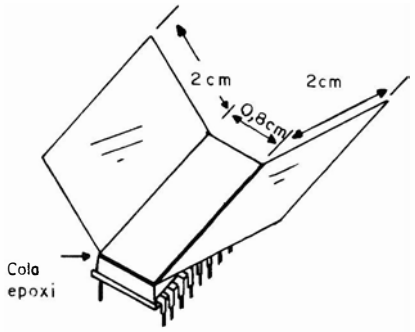
Para dois canais as tensões de todos os elementos do circuito são mantidas, sendo apenas dobrada a corrente de secundário do transformador.

Depois de montar e ligar na fonte de alimentação, aplique na entrada do amplificador um sinal e ajuste os controles de volume e tonalidade para a reprodução desejada. Se constatar ruídos ou roncos, verifique as blindagens dos cabos de entrada e a filtragem da fonte. Ligue entre o positivo da alimentação e o terra da placa um capacitor de 100 µF a 470 µF se quiser ter uma melhoria da filtragem.

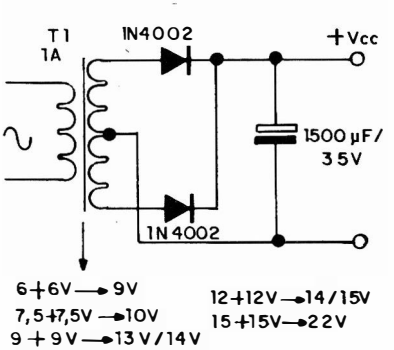
55


Radiador
colado em
CI-1
Volume
P1
Ent.
+Vcc
C1
CI-1
C3
R1
C2
R2
C4
FTE
0V
P2
Tom

56


2cm
2cm
0,8cm
Cola
epoxi

57



LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- CI-1 - LM380 - circuito integrado

RESISTORES: (5%)

- R1 - 100k (marrom, preto, amarelo)
- R2 - 2,7 ohms (vermelho, violeta, dourado)
- P1 - 470K (potenciômetro log)
- P2 - 10k (potenciômetro lin)

CAPACITORES

- C1 - 220 nF poliéster ou cerâmico
- C2 - 47 nF poliéster ou cerâmico
- C3 - 470 µF eletrolítico
- C4 - 100 nF poliéster ou cerâmico

DIVERSOS

- FTE - alto-falante de 4 a 16 ohms x 10 cm
- Placa de circuito impresso, radiador de calor para o circuito integrado, fios blindados, caixa para o aparelho, botões plásticos para os potenciômetros, fios, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trimpots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 6

AMPLIFICADORES TRANSISTORIZADOS DE 3 E 5 WATTS

Com pequenas alterações na tensão de alimentação e em 4 componentes do circuito este amplificador transistorizado pode fornecer potências de 3 ou de 5 watts em cargas de 4 e 8 ohms.

O circuito muito simples utiliza 4 transistores comuns em nossas lojas e de baixo custo e tem excelentes sensibilidade de entrada.

Podemos usar este amplificador como reforçador para aparelhos a pilha tais como rádios portáteis, walkmans, etc, como uma "caixa amplificada" ou ainda em um toca-discos ou toca-fitas econômico.

Para uma versão estéreo basta montar dois canais iguais. O circuito não inclui os controles de volume e tom que devem ficar no pré-amplificador.

Este amplificador tem uma configuração tradicional que é em simetria complementar que se destaca pela fidelidade e não necessidade de ajustes e de transformador de saída.

FUNCIONAMENTO

Os sinais de áudio são levados a base do transistor pré-amplificador (Q1) via capacitor C2. O transistor é polarizado pelos resistores R2 e R3 que fixam seu ponto de funcionamento.

O sinal amplificador vai então do coletor de Q1 a base de Q2 de modo direto, sendo este segundo transistor o driver.

Com nova amplificação o sinal tem os semiciclos negativos e positivos divididos para excitar separadamente os transistores complementares de saída que são Q3 e Q4.

Cada semiciclo do sinal é amplificado separadamente e depois de reunidos eles formam o sinal original que via C6 é levado ao alto-falante. O resistor R10 proporciona realimentação negativa enquanto que os diodos D2 e D3 estabilizam a polarização de saída juntamente com D1 e R7.

MONTAGEM

O diagrama esquemático do aparelho é mostrado na **figura 58**.

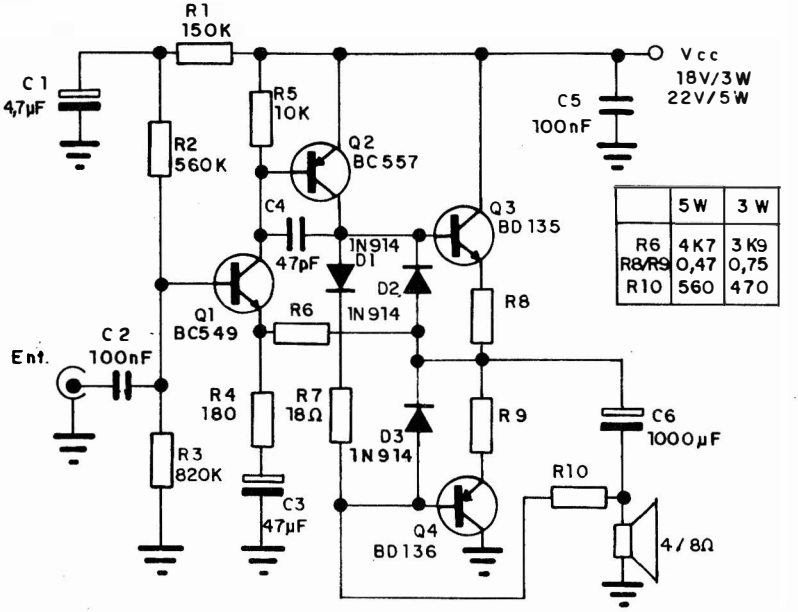
Observe na tabela junto ao diagrama os valores dos componentes que são diferentes para as duas versões. Os resistores são todos de 1/8 ou 1/4W exceto R8 e R9 que devem ser de 1W de fio.

Os transistores de saída deverão ter radiadores de calor. Os capacitores eletrolíticos são para 25V e os demais podem ser tanto de poliéster como cerâmicos conforme a disponibilidade do montador.

O alto-falante deve ser de boa qualidade e dotado de caixa acústica. Os diodos podem ser substituídos por equivalentes como o 1N4148 ou mesmo os 1N4002.

As trilhas de correntes mais intensas devem ser mais largas.

58

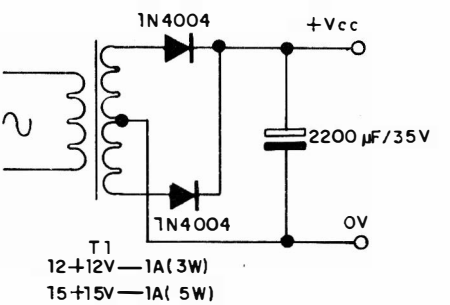


	5W	3W
R6	4K7	3K9
R8/R9	0,47	0,75
R10	560	470

UTILIZAÇÃO

A fonte de alimentação indicada para este projeto tem seu circuito mostrado na **figura 59**.

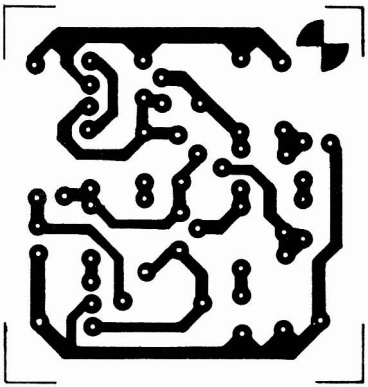
59

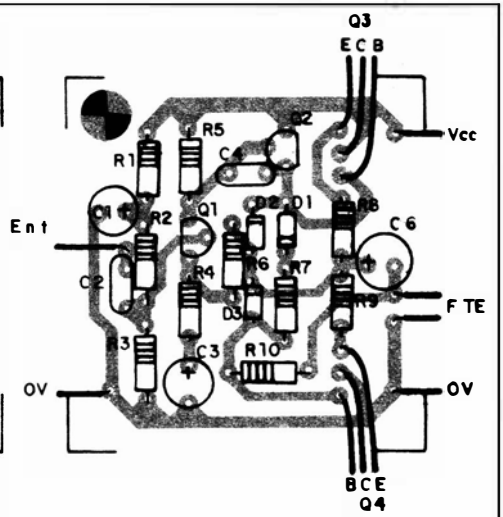


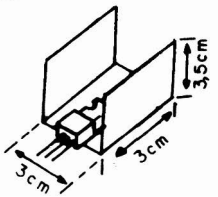
A placa do amplificador é mostrada na **figura 60**.

Ligue o amplificador e aplique em sua entrada um sinal de um pré-amplificador ou de outra fonte intensa, pois sua entrada precisa de pelo menos 100mV para se obter a potência total.

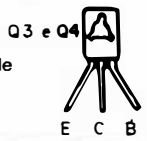
Se houver roncos, verifique a fonte e os cabos de entrada e em caso de instabilidades verifique os aterramentos e o cabo de alimentação.







Dimensões mínimas dos dissipadores de calor de Q3 e Q4



LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- Q1 - BC549 - transistor NPN de uso geral PHILIPS COMPONENTS
- Q2 - BC557 - transistor PNP de uso geral PHILIPS COMPONENTS
- Q3 - BD135 - transistor NPN de média potência PHILIPS COMPONENTS
- Q4 - BD136 - transistor PNP de média potência PHILIPS COMPONENTS
- D1, D2 e D3 - 1N914 - diodos de silício PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES: (1/8W,5%)

- R1 - 150k (marrom, verde, amarelo)
- R2 - 560k (verde, azul, amarelo)
- R3 - 820k (cinza, vermelho, amarelo)
- R4 - 180 ohms (marrom, cinza, marrom)
- R5 - 10k (marrom, preto, laranja)
- R6 - ver tabela
- R7 - 18 ohms (marrom, cinza, preto)
- R8 e R9 - ver tabela - 1W - resistores de fio
- R10 - ver tabela

CAPACITORES

- C1 - 4,7 µF - eletrolítico
- C2 - 100 nF - cerâmico ou poliéster
- C3 - 47 µF - eletrolítico
- C4 - 470 pF - cerâmico
- C5 - 100 nF - cerâmico
- C6 - 1 000 µF - cerâmico

DIVERSOS

- FTE - 4 ou 8 ohms - 10 cm ou mais de diâmetro
- Placa de circuito impresso, fonte de alimentação, radiadores de calor para os transistores, caixa para o alto-falante e para o próprio amplificador, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trimpots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 7

AMPLIFICADOR INTEGRADO DE 1W x 6V

Este circuito utiliza um integrado da Philips Components e é indicado como reforçador para walkman, pequenos aparelhos de som, toca-discos e toca-fitas alimentados por pilhas.

O rendimento é excelente, pois se obtém 1W com apenas 6V e o número de componentes externos é mínimo: apenas dois capacitores e o controle de volume.

As principais características deste amplificador são:

Tensão de alimentação: 6V
Potência de saída em 8 ohms: 1W
Ganho de tensão: 40 dB
Corrente quiescente típica: 4 mA
Faixa de freqüências: 20 a 20 000 Hz
Distorção harmônica típica: 0,2%
Impedância de entrada: 100 k ohms

FUNCIONAMENTO

Não há muito o que falar deste circuito dada sua simplicidade. O circuito integrado TDA7052 PHILIPS COMPONENTS, tem no seu interior uma etapa pré-amplificadora que excita duas etapas de potência em contrafase com excelente rendimento, mesmo com alimentação de apenas 6 Volts.

Os únicos componentes externos, são os dois capacitores de desacoplamento da fonte, que devem ficar os mais próximos possíveis do pino 1 de alimentação do circuito integrado.

O potenciômetro P1 funciona como um divisor de tensão, determinando a intensidade do sinal aplicado na entrada e assim o volume.

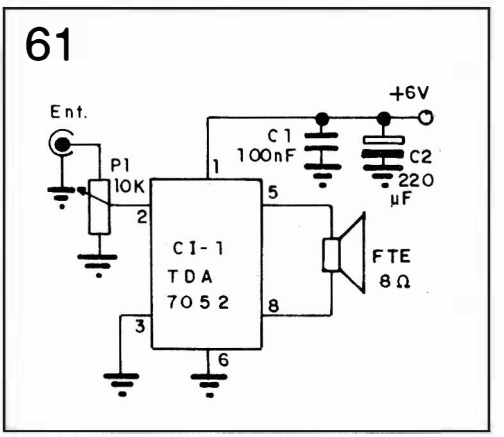
MONTAGEM

O diagrama esquemático deste amplificador é mostrado na **figura 61**.

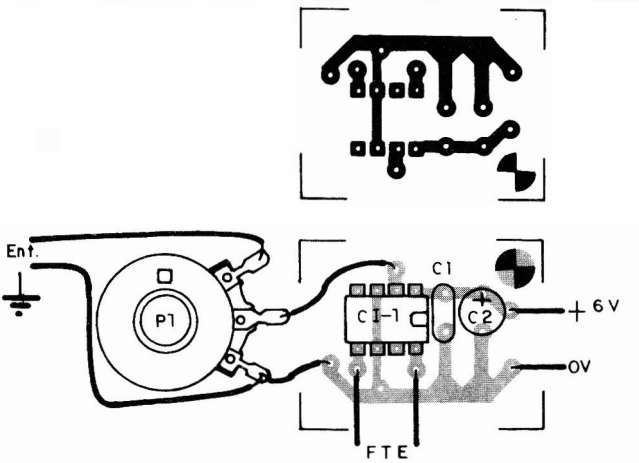
A pequena placa de circuito impresso em que ficam apenas 3 componentes é mostrada na **figura 62**.

O capacitor eletrolítico é para 6V de tensão de trabalho e o outro (C1) pode ser cerâmico ou de poliéster. Será interessante montar o integrado num soquete de modo a ser evitado o calor no processo de soldagem e facilitar a substituição em caso de necessidade.

61



62



O alto-falante externo pode ter qualquer tamanho mas deve estar apto a suportar a potência de 1W.

UTILIZAÇÃO

Alimente o circuito com 4 pilhas pequenas, médias ou grandes e aplique um sinal na sua entrada. Ajuste o controle de volume (P1) para melhor reprodução.

Comprovando que o funcionamento está normal é só usar seu amplificador. Se a fonte de sinal for um rádio AM/FM de pilhas ou walkman é conveniente ligar em paralelo com a entrada um resistor de 22 a 47 ohms x 1/2W para servir de carga e assim ser evitada a distorção. O volume da fonte de sinal deve estar entre o mínimo e 1/4, apenas o suficiente para haver excitação completa sem distorção.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES
- CI-1 - TDA7052 - Circuito Integrado PHILIPS COMPONENTS

CAPACITORES
- C1 - 100 nF - cerâmico ou poliéster
- C2 - 220 µF - eletrolítico

DIVERSOS
- P1 - 10k - potenciômetro log
- FTE - 8 ohms x 1W ou mais - alto-falante
- Placa de circuito impresso, suporte de pilhas, alto-falante, fios blindados, botão para o controle de volume, jaque de entrada, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 8

AMPLIFICADOR MONO INTEGRADO DE 4 A 10W rms

Este amplificador utiliza um único circuito integrado e pode fornecer potências de até 10W. O circuito integrado é o TDA2611A da Philips Components.

Com alimentação de 18V e carga (alto-falante) de 8 ohms temos uma potência de 4,5 watts. Com uma alimentação de 35 Volts e carga de 16 ohms a potência de saída é de 10W.

Na verdade, o circuito opera satisfatoriamente com tensões de alimentação entre 6 e 35V sem necessidade de alteração de componentes.

Uma característica importante do projeto é a quantidade reduzida de componentes externos e a proteção térmica que evita problemas de sobrecargas.

Dentre as aplicações possíveis, temos a utilização deste amplificador como reforçador para pequenos aparelhos de som, ou ainda, como etapa de áudio de rádios, gravadores e toca-fitas.

FUNCIONAMENTO

O circuito integrado TDA2611A da Philips Components é apresentado em invólucro SIL de 9 pinos e contém todos os elementos para a elaboração de um amplificador de bom rendimento.

Externamente são necessários apenas os capacitores, que têm as seguintes função principais:

C1 - Acopla o sinal de áudio à entrada do amplificador.

C2 - Corta as altas freqüências que podem afetar a estabilidade do circuito

C3 - Filtra a polarização da entrada inversora.

C4 - Mantém a impedância de saída constante na faixa de freqüências de operação.

C5 - Faz o acoplamento do sinal de áudio ao alto-falante

C6 e C7 - Filtra a alimentação, devendo ser montados os mais próximos possíveis do pino 1 de alimentação do circuito integrado.

MONTAGEM

Na **figura 63** temos o diagrama completo do amplificador. Para uma versão estéreo devem ser montados dois circuitos iguais a este com fonte comum e eventualmente, também, C6 e C7 comum aos dois canais.

A disposição dos componentes numa placa de circuito impresso é mostrada na **figura 64**.

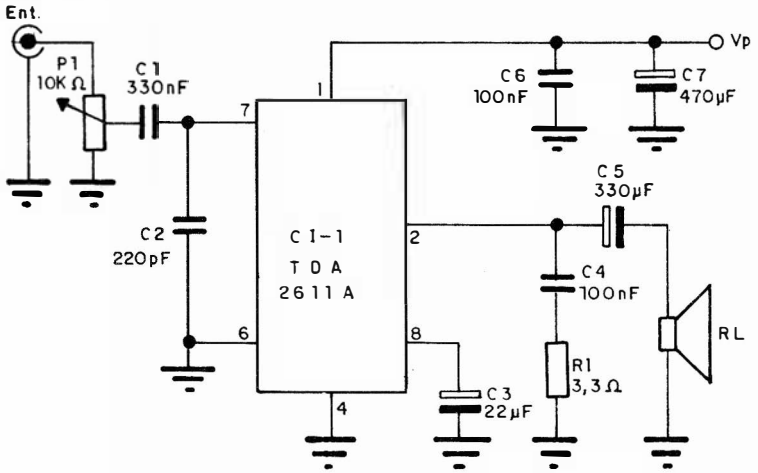
O circuito integrado deve estar preso a um dissipador que pode ser a própria caixa de metal que alojará o aparelho. Veja entretanto que deve haver um isolamento entre o circuito integrado e a caixa.

Os capacitores devem ser todos eletrolíticos para 40V ou então maior que a tensão de alimentação usada, exceto C1, C2, C4 e C6 que são de poliéster.

O controle de volume é formado por potenciômetros de 10k ligados ao aparelho por meio de fios blindados.

O alto-falante deve ser montado em uma caixa acústica e ter especificações de acordo com a potência de sua versão.

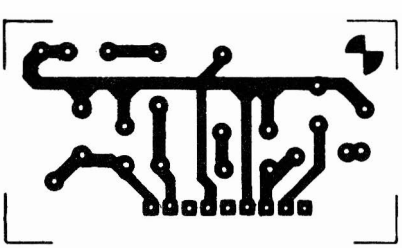
63

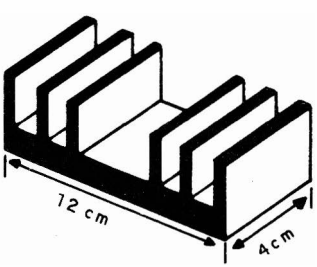


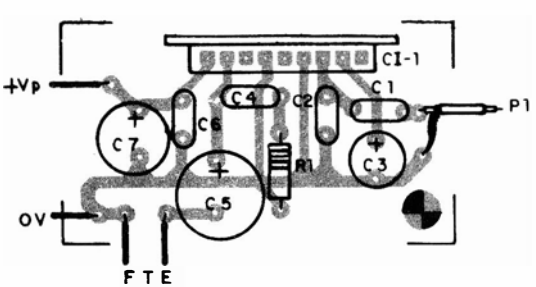
A alimentação deve vir de fonte com pelo menos 1 ampère por canal ou então pode ser a bateria de seu carro, caso o aparelho seja usado como reforçador para o som existente.

O jaque de entrada é escolhido conforme a aplicação.

64







Dimensões mínimas do dissipador de calor de CI1: 12 x 4cm com 6 Aletas

UTILIZAÇÃO

Ligue o amplificador a uma fonte de alimentação de 6 a 35V conforme a versão escolhida e aplique na entrada sinal para verificação de funcionamento. A reprodução deve ser clara e sem distorção.

Em caso de alguma anormalidade, verifique os valores dos componentes usados.

Comprovado o funcionamento é só utilizar o aparelho. Se usar como reforçador para walkman ou rádios pequenos (2 pilhas) ligue em paralelo com a entrada e o terra um resistor de 22 ohms x 1/2W. Ajuste o volume na própria fonte de sinais de modo a ter o volume desejado sem distorções.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- CI - 1 TDA2611A - circuito integrado PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES

- R1 - 3,3 ohms x 1/8W

CAPACITORES

- C1 - 330 nF - poliéster ou cerâmico
- C2 - 220 pF - cerâmico
- C3 - 22 µF - eletrolítico
- C4 - 100 nF - poliéster
- C5 - 230 µF - eletrolítico
- C6 - 100 nF - poliéster ou cerâmico
- C7 - 470 µF - eletrolítico

DIVERSOS

- P1 - 10k - potenciômetro log
- FTE - alto-falante de 8 ou 16 ohms - ver texto.
- Placa de circuito impresso, radiador de calor pra o integrado, fios blindados, solda, jaque de entrada, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 9

AMPLIFICADORES DE 7 A 35W TRANSISTORIZADO

Este projeto é extremamente interessante pois com um único circuito, alterando valores de componentes e escolhendo transistores de características diferentes, podemos montar 7 amplificadores diferentes com potências entre 7 watts e 35 watts.

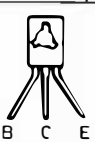
A **tabela** dada a seguir mostra as características que obtemos para cada amplificador e quais os componentes cujos valores são "flutuantes".

TABELA

	7W	10W	15W	20W	25W	30W	35W
Vcc	26V	30V	35V	43V	46V	50V	54V
R1	2M7	2M7	560K	560K	220K	220K	220K
R2	1M2	1M	330K	330K	150K	150K	150K
R3	390K	220K	120K	120K	47K	47K	47K
R5	100	82	100	75	220	270	270
R6	8K2	8K2	10K	10K	10K	10K	10K
R7	3K9	3K9	4K7	5K6	5K6	6K8	8K2
R9	0,47	0,47	0,47	0,39	0,39	0,39	0,39
Q1	BC547	BC547	BC547	BC547	BC547	BC547	BC547
Q2	BC640	BC640	BC640	BC640	BC640	BC640	BC640
Q3	BD137	BD137	BD137	BD137	BD137	BD137	BD137
Q4	BD138	BD138	BD138	BD138	BD138	BD138	BD138
Q5	BD188	BD188	BD198	BD198	BD250	BD250	BD250
Q6	BD187	BD187	BD197	BD197	BD207	BD207	BD207
D2/D3	1N4002	1N4002	1N4002	1N4002	1N4002	1N4004	1N4004
Z entrada	600K	700K	200K	200K	90K	90K	90K
Icc (Pmax)	420mA	500mA	580mA	700mA	750mA	850mA	950mA
Distorção H.	2%	2%	1%	1%	0,5%	0,5%	0,5%
Sensibilidade de entrada	0,1V	0,1V	0,1V	0,1V	0,45V	0,4V	0,45V

BD137
BD138
BD187
BD188

BD197
BD198
BD207
BD250



Como os transistores indicados neste circuito admitem equivalentes, segundo a disponibilidade de cada mercado, damos algumas destas possibilidades de modo a facilitar o montador, que entretanto, deve estar atento para as pinagens correspondentes.

BC537 - BC141 (1A, 100V)
BD517 - BD525 (2A, 60V, 10W)
BC527 - BC534 (60V, 500 mA, 0,62W)
BD518 - BD526 (60V, 2A, 10W)
BD188 - BD198 (40V, 4A, 40W)
BD198 - BD206 (50V, 5A, 60W)
BD250 - BD257 - 2N3715 (50V, 15A, 117W)
BD187 - BD197 (40V, 1A, 60W)
BD197 - BD205 (50V, 5A, 65W)
BD207 - BD218 - BD607 (60V, 10A, 90W)

Sugerimos que o leitor consulte o distribuidor local de transistores Philips Components, no sentido de encontrar inclusive outros tipos equivalentes aos indicados que estejam disponíveis, já que o projeto não é crítico.

As tensões de alimentação exigem o emprego de transformadores potentes, com correntes elevadas de saída conforme dado na tabela.

Na **figura 65** temos a fonte de alimentação com as tensões para cada potência.

Não há necessidade de regulagem, mas a filtragem deve ser excelente.

Isso significa a utilização de um capacitor eletrolítico de valor bem alto e com uma tensão de trabalho pelo menos o dobro da tensão de secundário do transformador usado.

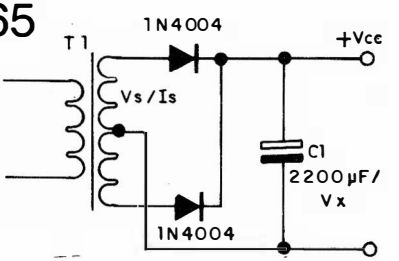
FUNCIONAMENTO

Os sinais de áudio são levados à base do primeiro transitor pré-amplificador de áudio via C2. O capacitor C3 faz a filtragem dos sinais de altas freqüências que podem estar presentes no sinal e que instabilizariam o circuito. A polarização de base que determina o ganho da etapa, depende da potência e tensão de alimentação, por isso R1 e R2 responsáveis por esta função, têm valores variáveis dados pela tabela.

O sinal desta etapa vai ao segundo transistor pré-amplificador ligado em acoplamento direto, que após amplificação, o entrega ao driver e etapa de saída em simetria complementar.

Já neste ponto, temos a divisão do sinal em semiciclos, que são trabalhados separadamente por Q3 e Q4, que são os drivers. Eles amplificarão cada

65



1N5404 para versão estéreo e Is = 2A

Vcc	Vs	Is	Vx
26V	16,5V	1A	35V
30V	20V	1A	35V
35V	23V	1A	40V
43V	29V	1A	50V
46V	31V	1A	60V
50V	33V	1A	60V
54V	35V	1A	70V

metade do ciclo do sinal, estabilizados por D1 e protegidos por D2 e D3.

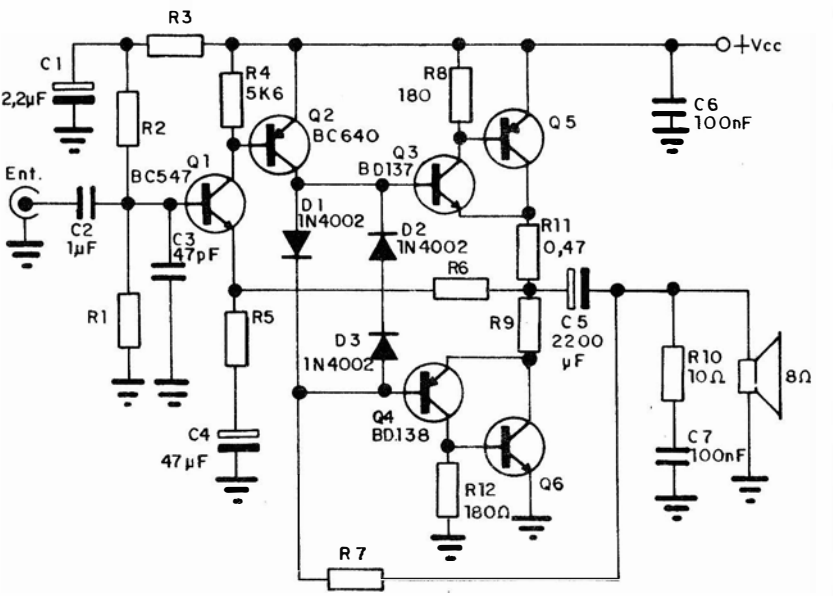
Os sinais amplificados por cada um desses drivers são levados aos transistores de saída. Para as versões de 15 e 20W podem ser usados os BD437 e BD438 nesta etapa, que amplifica novamente os sinais obtendo a potência total aplicada ao alto-falante via C5.

O resistor R7 realimenta o circuito, estabilizando a polarização da etapa de saída e, R13 com C7 formam uma rede "bootstrap" que mantém constante a impedância de saída em toda a faixa, compensando os efeitos da indutância da carga.

MONTAGEM

O diagrama básico de um canal do amplificador é dado na **figura 66**. Para uma versão estéreo, devem ser montados dois amplificadores e a capacidade da fonte deve ser aumentada em termos de corrente.

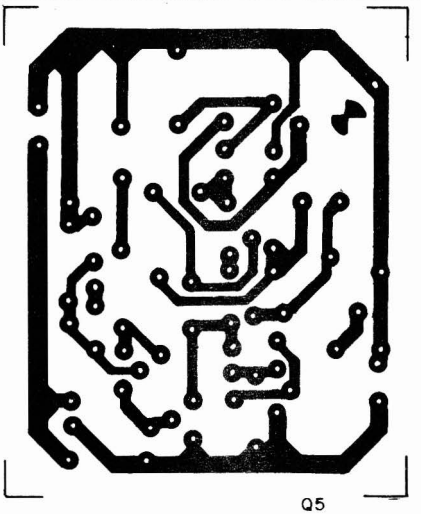
66

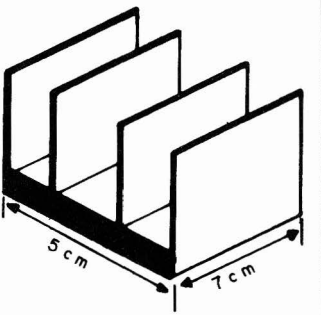


A colocação dos componentes menores numa placa de circuito impresso é mostrada na **figura 67**.

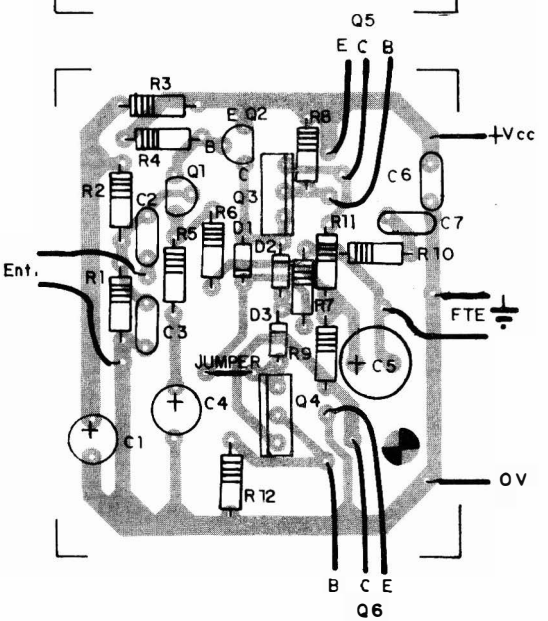
Os resistores são de 1/8W, 1/4W e 1W conforme indicação da lista de

67





Tamanho mínimo
para os dissipadores
de Q5 e Q6
7 x 5cm com 4 Aletas



materiais. Os eletrolíticos devem ter uma tensão de trabalho, pelo menos 30% maior que a tensão de alimentação usada na versão escolhida. Os demais capacitores, conforme o valor, podem ser de poliéster, cerâmicos ou styroflex.

Os transistores de potência, devem ser montados em bons radiadores de calor, que na caixa, devem ficar em lugar bem ventilado.

As trilhas de maiores correntes devem ser grossas para suportar as correntes mais intensas, principalmente a do coletor de Q5, emissor de Q6 e saída do alto-falante.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- Q1 - BC547 - transistor NPN de uso geral PHILIPS COMPONENTS
- Q2 - BC640 ou conforme tabela - transistor PNP de pelo menos 80V de tensão entre coletor e emissor. PHILIPS COMPONENTS
- Q3 - BD137 ou conforme a tabela - transistor NPN de potência PHILIPS COMPONENTS
- Q4 - BD138 ou conforme a tabela - transistor PNP de potência PHILIPS COMPONENTS
- Q5 - ver tabela
- Q6 - ver tabela
- D1, D2 e D3 - 1N4002 ou conforme tabela - diodos de silício

RESISTORES

- R1 - ver tabela
- R2 - ver tabela
- R3 - ver tabela
- R4 - 5,6k (verde, azul, vermelho)
- R5 - ver tabela
- R6 - ver tabela
- R7 - ver tabela
- R8 e R12 - 180 ohms x 1W (marrom, cinza, marrom)
- R9 - ver tabela
- R10 - 10 ohms (marrom, preto, preto)
- R11 - 0,47 ohms - fio

CAPACITORES

- C1 - 2,2 µF eletrolítico
- C2 - 1 µF poliéster
- C3 - 47 pF cerâmico
- C4 - 47 µF eletrolítico
- C5 - 2 200 µF eletrolítico
- C6 - 100 nF cerâmico ou poliéster
- C7 - 100 nF - cerâmico ou poliéster

DIVERSOS

- Placa de circuito impresso, radiadores de calor para os transistores, material para fonte de alimentação, cabo blindado, alto-falante, fios, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trimpots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS

UTILIZAÇÃO

A prova de amplificadores potentes requer cuidado, com o uso de fonte estabilizada e protegida, além de um bom multímetro para verificar as tensões no circuito.

Se a corrente de repouso estiver baixa e os transistores não se aquecerem ao ser ligada a fonte, aplique na entrada do circuito o sinal de áudio.

Se ocorrerem logo de início problemas de aquecimento dos transistores de saída, verifique em primeiro lugar se sua ligação está correta, assim como dos componentes adjacentes e depois retire-os do circuito medindo a resistência entre coletor e emissor. Se for nula, o transistor pode ter entrado em curto por algum problema da montagem (ligação errada ou componentes defeituosos), o que deve imediatamente ser estudado.

Comprovado o funcionamento, instale o aparelho definitivamente em sua caixa, com o máximo cuidado para evitar curtos ou contactos indevidos entre ligações ou componentes.

• • •

PROJETO 10

AMPLIFICADOR QUADRIFÔNICO DE 44 WATTS

Eis um projeto bastante interessante com base no circuito integrado TDA1554 ou TDA1558 da Philips Components. Este circuito integrado contém quatro amplificadores que podem fornecer cada um potências de 6 ou 11 watts conforme a carga seja de 4 ou 2 ohms.

A alimentação é de 14,4V, o que permite seu uso com fonte, como reforçador doméstico para toca-fitas, ou no próprio carro, associado a um divisor de freqüências, como reforçador, com cada canal alimentando um alto-falante diferente.

O circuito possui ainda uma chave (S1) de "STANDBY" que, quando acionada leva o circuito a uma condição de repouso com um baixíssimo consumo de corrente.

Características:

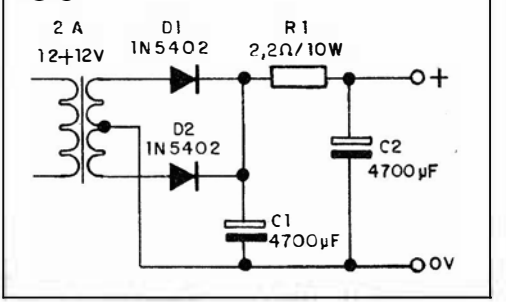
Tensão de alimentação: 14,4V
Potência de saída: 4 x 6 ou 4 x 11 watts
Impedância de saída: 2 ou 4 ohms
Corrente em standby: 12 μA (tip)
Distorção máxima: 3,5% (com controle automático)
Faixa de resposta: 100 Hz a 10 KHz

A fonte de alimentação para o circuito, caso ele seja usado em casa e não no carro, é mostrada na **figura 68.**

Para uma versão estéreo a capacidade de corrente deve ser dobrada, caso em que podemos ter 8 canais com uma potência de 88 watts.

Os eletrolíticos devem ter tensões de trabalho de 25 Volts ou mais e os fios de ligação devem ser grossos.

68



FUNCIONAMENTO

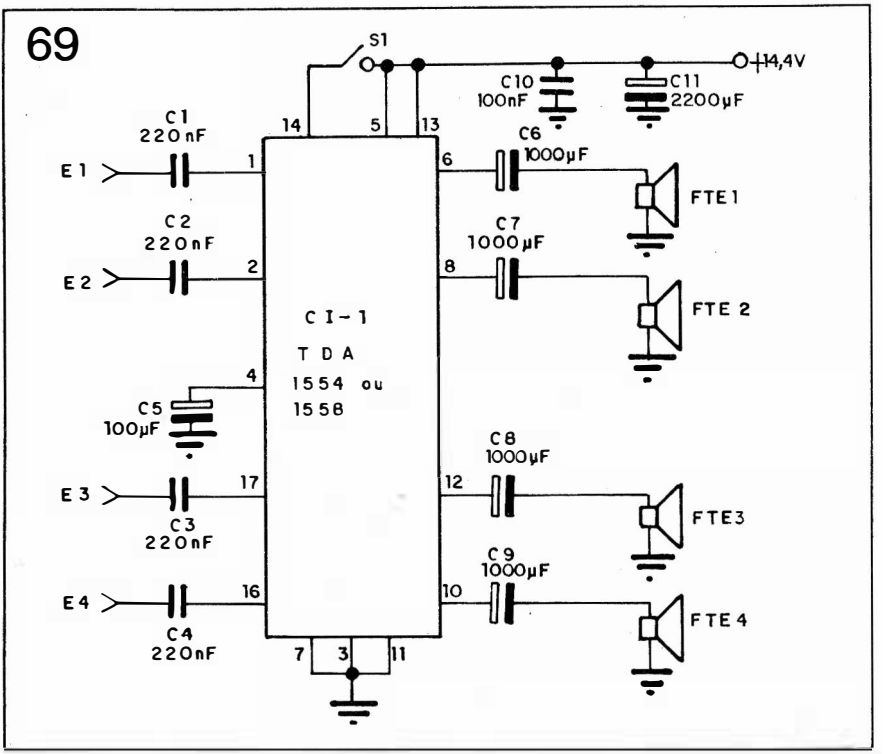
Os sinais de cada um dos quatro canais entram no amplificador via capacitores de 200 nF (C1 a C4).

O capacitor C5 influi na rejeição de ripple da fonte de alimentação, enquanto que os capacitores de C6 a C7 fazem o acoplamento de sinal aos alto-falantes.

Os capacitores C10 e C11 desacoplam a fonte de alimentação, evitando instabilidades no funcionamento.

MONTAGEM

Na **figura 69** temos o diagrama completo do aparelho, exceto pela fonte de alimentação.



A **figura 70** mostra a placa de circuito impresso para a montagem deste amplificador. Os controles de volume serão externos e sempre ligados por meio de cabos blindados. Podem ser usados potenciômetros de 10k a 100k para esta finalidade.

O radiador de calor para o circuito integrado deve ser bom, dada a potência que deve ser dissipada. Os capacitores são todos para 25V, exceto C10 que é de poliéster ou cerâmico para uma tensão maior, assim como os de entrada de C1 a C4 que tanto podem ser cerâmicos como de poliéster.

Os alto-falantes devem ser de 2 ou 4 ohms, conforme a potência desejada e com especificações que permita reproduzir a potência de cada canal.

A chave S1 é opcional, já que apenas nas aplicações automotivas com alimentação por bateria um consumo em stand-by baixo é indicado.

UTILIZAÇÃO

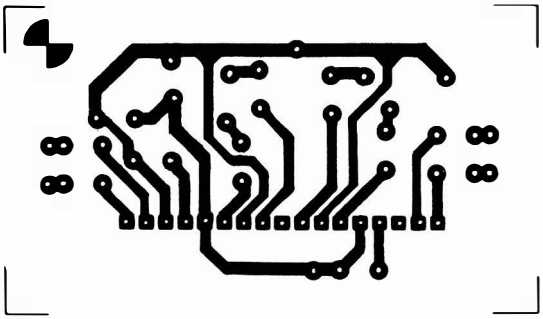
Verifique em primeiro lugar se a fonte está funcionamento corretamente. Em aberto, ou seja, sem carga, a tensão deve ser superior a 15V, mas com potência máxima ela tende a reduzir.

Verifique se o circuito integrado não se aquece demais quando em funcionamento a plena potência. Se isso ocorrer, provavelmente será preciso trocar o radiador de calor.

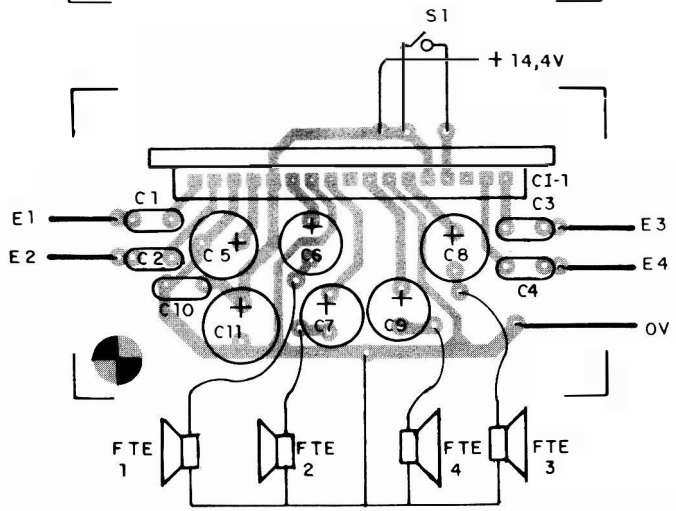
Um aquecimento abaixo dos 80°C é normal neste tipo de aparelho.

Comprovado o funcionamento normal, instale o aparelho numa caixa apropriada. Se a caixa for metálica, use-a como terra da fonte e do amplificador, de modo a aumentar o efeito de blindagem.

70



Tamanho mínimo do dissipador de calor de CI1. 12 x 4cm com 6 Aletas



LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES
- CI1 - TDA1554 ou TDA1558 - circuito integrado PHILIPS COMPONENTS

CAPACITORES
- C1 a C4 - 100 nF - poliéster ou cerâmicos
- C5 - 100 µF - eletrolítico
- C6 a C9 - 1 000 µF - eletrolíticos
- C10 - 100 nF - cerâmico ou poliéster
- C11 - 2 200 µF - eletrolítico

DIVERSOS
- S1 - Interruptor simples
- FTE1 a FTE4 - 2 ou 4 ohms - alto-falantes de 10W ou mais
- Placa de circuito impresso, radiador de calor para o circuito integrado, fios, solda, caixa para montagem, etc.

FONTE
- T1 - Transformador de 12+12V x 2A com primário de acordo com a rede local
- D1 e D2 - 1N5402 - diodos
- R1 - 2,2 ohms x 10W - resistor de fio
- C1 e C2 - 4 700 µF x 25V - eletrolíticos
- Ponte de terminais, cabo de alimentação, fios, solda, etc.

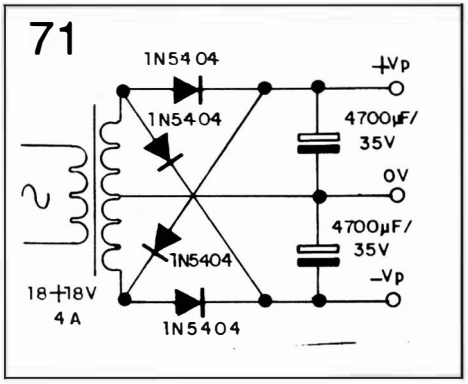
Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

PROJETO 11

AMPLIFICADOR INTEGRADO DE 40 WATTS

Este projeto se baseia no circuito integrado TDA1514A da Philips Components e consiste num amplificador monofônico de 40 watts de potência indicado para aplicações domésticas tais como equipamentos 3 em 1, TV, etc.

A alimentação é feita com fonte simétrica e suas características o tornam ideal para a reprodução de som digital. O circuito é totalmente protegido e possui ainda uma função "mute" que leva a um baixo consumo de condição de espera.



CARACTERÍSTICAS

Potência de saída com 27,5V e 8 ohms: 40 watts

Corrente quiescente total: 60 mA

Ganho de tensão com realimentação: 30 dB

Resistência de entrada: 20 k ohms

Corrente de pico de saída: 6,4 A

Distorção harmônica total: - 90 dB

Faixa de freqüências: 20 a 25 000 Hz

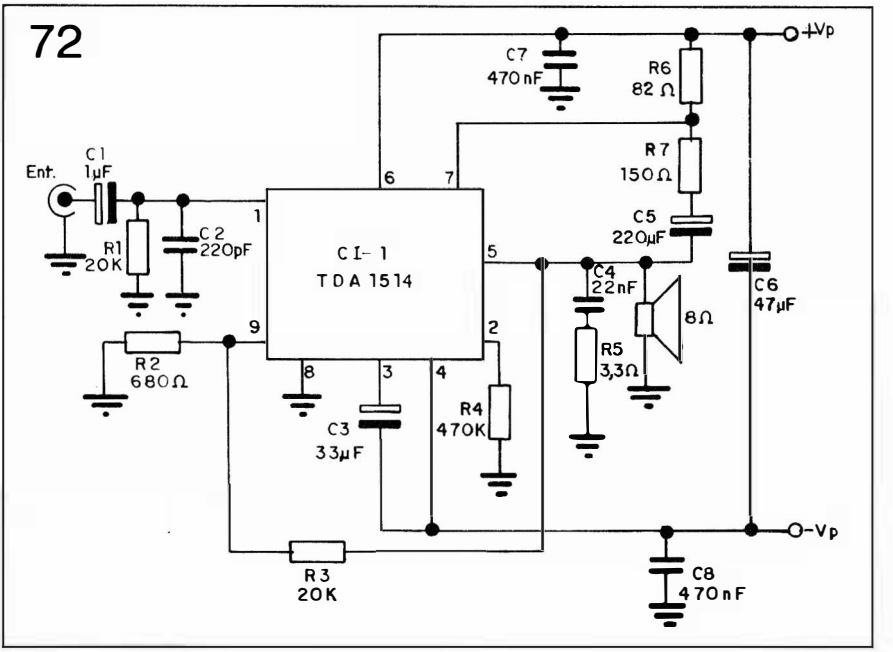
FUNCIONAMENTO

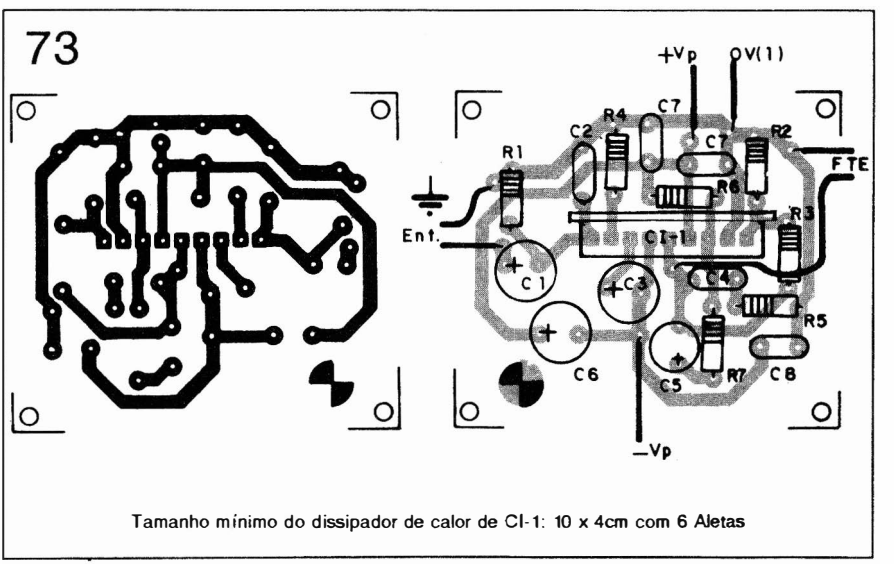
O circuito integrado TDA1514A da Philips Componentes que é a base deste projeto indicado no próprio manual do fabricante, contém todos os elementos para um amplificador de 40W com excelente desempenho. Apenas poucos resistores e capacitores externos são necessários a elaboração do projeto.

O sinal é aplicado via C1 à entrada do circuito, onde C2 corta as altas freqüências que possam causar instabilidades ou oscilações. O amplificador interno ao TDA1514 possui uma etapa de Mute e um sistema de proteção térmica e proteção SOAR para os transistores de saída.

Após amplificação o sinal é aplicado a carga, que tem em parello C4 e R5 que mantém a impedância constante em toda a faixa de resposta. A realimentação que determina o ganho é feita via R3.

Observe que o uso de fonte simétrica, elimina a necessidade do capacitor eletrolítico entre a saída e o alto-falante, normalmente de valor muito alto (e caro) para aparelhos de alta potência.





Tamanho mínimo do dissipador de calor de CI-1: 10 x 4cm com 6 Aletas

MONTAGEM

Começamos por dar a fonte de alimentação para o amplificador na **figura 71**

O transformador deve ter corrente de secundário de pelo menos 4 A para a versão monofônica e o dobro para a versão estéreo.

Os eletrolíticos devem ter uma tensão de trabalho de pelo menos 35V e os

diodos são 1N5404 ou equivalentes.

Na **figura 72** temos o diagrama de um canal do amplificador.

A placa de circuito impresso para a montagem do amplificador é mostrada na **figura 73**.

Os capacitores eletrolíticos devem ser para 35V, exceto C6 que deve ter uma tensão de trabalho de 70V ou mais. Os demais capacitores são cerâmicos ou de poliéster, conforme a disponibilidade e o valor. Os resistores são todos de com 5% de tolerância ou menos.

O circuito integrado deve ser dotado de um excelente radiador de calor. Lembramos que a aleta de metal do integrado, está ligada ao -Vp, e que, portanto, deve ficar isolada do radiador.

Os pontos de terra devem ser todos próximos, em especial a ligação de R4 com R2 que está sujeita a problemas de realimentação.

UTILIZAÇÃO

Verifique em primeiro lugar a tensão da fonte de alimentação que deve estar entre 25 e 29V. Esta tensão é medida de cada extremo (+Vp e -Vp) ao terra.

Depois ligue uma boa carga (alto-falante) e aplique na entrada do amplificador um sinal. Verifique se a reprodução ocorre como o esperado, sem roncos ou distorções. Se houver roncos, verifique as blindagens dos cabos de sinal e os terras do circuito.

Com o amplificador funcionamento perfeitamente, instale-o definitivamente numa caixa de metal, juntamente com um pré-amplificador que incorpore os controles de tom e volume.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- CI-1 - TDA1514A - circuito integrado PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES (5%)

- R1 - 20k (vermelho, preto, laranja)
- R2 - 680 ohms (azul, cinza, marrom)
- R3 - 20k (vermelho, preto, laranja)
- R4 - 470k (amarelo, violeta, amarelo)
- R5 - 3,3 ohms (laranja, laranja, ouro)
- R6 - 82 ohms (cinza, vermelho, preto)
- R7 - 150 ohms (marrom, verde, marrom)

CAPACITORES

- C1 - 1 μF eletrolítico
- C2 - 220 pF cerâmico
- C3 - 33 μF eletrolítico
- C4 - 22 nF poliéster
- C5 - 220 μF eletrolítico
- C6 - 47 μF x 70V eletrolítico
- C7 e C8 - 470 nF poliéster

DIVERSOS

- FTE - 8 ohms x 50W alto-falante
- Placa de circuito impresso, radiador de calor, caixa para montagem, fios blindados, material para a fonte de alimentação, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

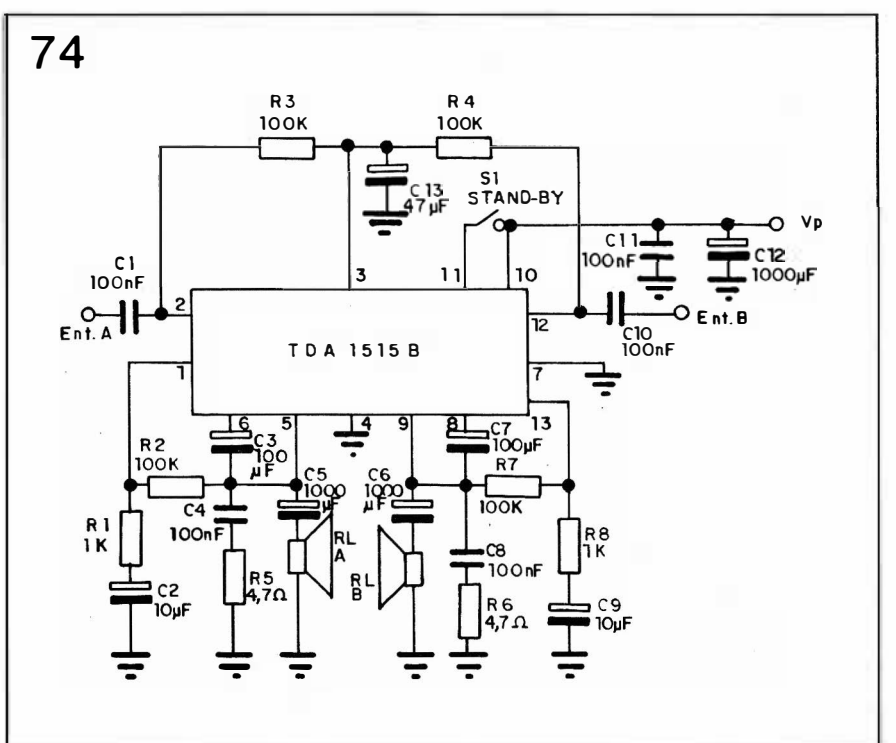
PROJETO 12

AMPLIFICADOR INTEGRADO ESTÉREO DE 24 WATTS PARA O CARRO

Este projeto é baseado no circuito integrado TDA1515B da Philips Components e por funcionar com 13,2 V é indicado para o carro.

Este amplificador possui saída em classe B e fornece 12 watts por canal, podendo ser usado como reforço para sistemas de som de carro. Podemos por exemplo usá-lo com um filtro de entrada somente como reforço para graves ou agudos.

O circuito integrado TDA1515B possui recursos muito interessantes, como por exemplo, a chave stand-by que garante baixo consumo na condição de espera, proteções térmicas e SOAR em caso de problema. O circuito também possui proteção contra inversão acidental de polaridade e proteção load-dump (caso a



carga seja retirada do circuito).

Características:

Tensão de alimentação indicada: 12V
Faixa de tensões de operação: 6 a 18V
Corrente quiescente: 75 mA
Corrente em stand-by: 1 μA
Impedância de entrada: 1 M ohms
Potência de saída: 11 + 11 Watts
Impedância de carga: 2 ou 4 ohms
Resposta de freqüência: 20 a 20 000 Hz
Ganho de tensão: 40 dB

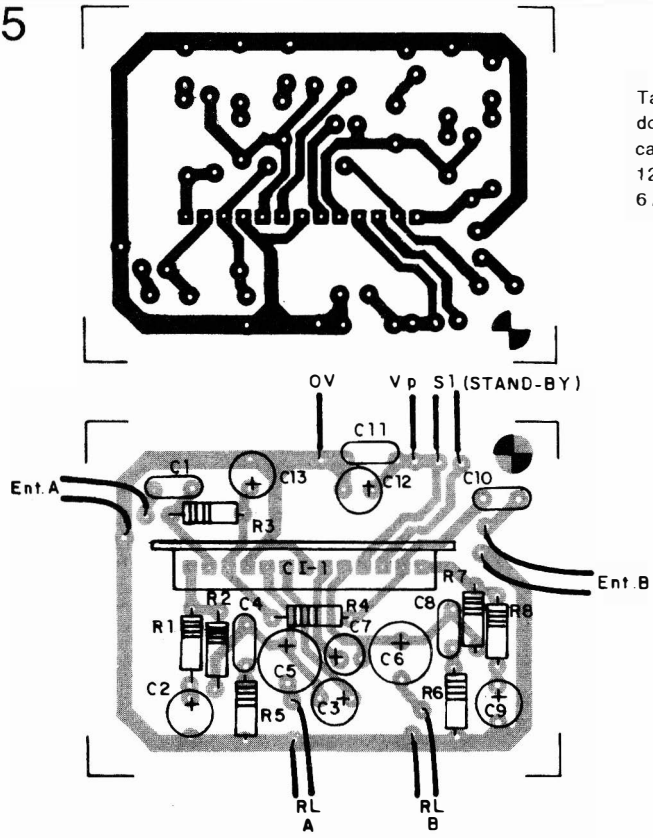
MONTAGEM

Como o circuito se destina a ser usado no carro, indicamos inicialmente a utilização de um fusível de proteção de 10A na entrada.

O diagrama completo do amplificador (dois canais) é mostrado na **figura 74.**

Os componentes são montados numa placa de circuito impresso conforme mostra a **figura 75.**

75



Tamanho mínimo do dissipador de calor de CI1: 12 x 4cm com 6 Aletas

O circuito integrado deve estar fixado a um bom radiador de calor, mas isolado do mesmo, se a caixa for metálica e aterrada.

Os capacitores eletrolíticos são especificados para uma tensão de operação de 16V ou mais.

Os resistores são de 1/8W com 5% ou mais de tolerância. Os capacitores menores podem ser de poliéster ou cerâmicos.

Os alto-falantes devem estar aptos a suportar a potência do amplificador.

UTILIZAÇÃO

Terminada a montagem, ligue cargas apropriadas nas saídas (alto-falantes) e alimente o circuito com bateria de carro ou fonte de pelo menos 5 ampères (12V).

Aplique um sinal na entrada e observe a reprodução dos dois canais.

Para operar como reforçador é conveniente ligar na entrada um resistor de 15 ohms x 5W (fio) em paralelo, caso o outro amplificador, a ser reforçado não tenha alto-falantes em sua saída.

Comprovado o funcionamento, instale o aparelho numa caixa, que deve ser de metal e aterrada (ligada ao chassi do carro).

Os alto-falantes usados podem ter impedância total de 2 ou 4 ohms. Com 4 ohms a potência será um pouco menor que 12 Watts por canal.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES
- CI-1 - TDA1515B - circuito integrado PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES (1/8W, 5%)
- R1 e R8 - 1k (marrom, preto, vermelho)
- R2, R3, R4 e R7 - 100k (marrom, preto, amarelo)
- R5 e R6 - 4,7 ohms (amarelo, violeta, dourado)

CAPACITORES
- C1 e C10 - 100 nF poliéster ou cerâmico
- C2 e C9 - 10 µF eletrolíticos
- C3 e C7 - 100 µF eletrolíticos
- C4 e C8 - 100 nF poliéster
- C5 e C6 - 1 000 µF eletrolíticos
- C11 - 100 nF poliéster
- C12 - 1 000 µF eletrolítico
- C13 - 47 µF eletrolítico

DIVERSOS
- FTE1, FTE2 - Alto-falantes de 2 ou 4 ohms com pelo menos 20W
- Placa de circuito impresso, caixa para a montagem, suporte de fusível, jaques de entrada, cabos blindados, fios, etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 -- 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 13

CINCO AMPLIFICADORES TRANSISTORIZADOS DE 35 A 100 WATTS

Os cincos amplificadores, partem de um mesmo circuito, com alterações apenas de valores de componentes. Alguns dos transistores usados não são muito comuns no nosso mercado, mas damos as suas características para que o leitor possa facilmente usar equivalentes.

Como os circuitos operam com potências elevadas, será preciso tomar muito cuidado com as trilhas de maior corrente na placa, que devem ser largas, e também com a colocação dos transistores de saída em dissipadores de calor de bom tamanho.

As características gerais dos amplificadores são:

Potência: 35 a 100 W com cargas de 8 ohms (ver tabela II)
Distorção harmônica: 0,1% a 60W
Sensibilidade: 1V de entrada para 60W de saída
Resistência de entrada: 10 k ohms
Resposta de freqüência com 3 dB: 10 Hz a 100 000 Hz
Corrente de repouso: 90 mA
Corrente para 60W de saída: 1,2 A

Na **tabela I** temos os valores dos resistores e tensões de alimentação para as diversas potências de saída:

TABELA I

PSaída. W	CARGA Ω	R1 ± 5%	R2 ± 10%	R3 ± 5%	R4 ± 5%	R5 ± 5%	R6, R7 ± 5%	R8, R9 ± 10%	R10, R15 ± 5%	R11, R14 ± 5%	R12, R13 ± 5%	V_{cc}
35	4	820	2.7k	18k	1.2k	120	0.39	390	2.7k	1.5k	470	± 21V
	8	560	3.9k	22k	1.2k	180	0.47*	240	3.0k	1.2k	470	± 27V
50	4	680	3.3k	22k	1.2k	100	0.33	360	3.3k	1.5k	470	± 25V
	8	470	4.7k	27k	1.2k	150	0.43*	270	3.9k	1.2k	470	± 32V
60	4	620	3.9k	22k	1.2k	120	0.33	430	3.9k	1.5k	470	± 27V
	8	430	5.6k	33k	1.2k	120	0.39	300	4.7k	1.2k	470	± 36V
75	4	560	4.7k	27k	1.2k	91	0.33	620	5.6k	1.8k	470	± 30V
	8	390	6.8k	33k	1.2k	150	0.39	390	6.8k	1.5k	470	± 40V
100	4	470	5.6k	33k	1.2k	68	0.39	1.0k	6.2k	2.2k	470	± 34V
	8	330	8.2k	39k	1.2k	100	0.39	510	9.1k	1.8k	470	± 45V

Na **tabela II** temos os transistores indicados para os diversos amplificadores citados.

MONTAGEM

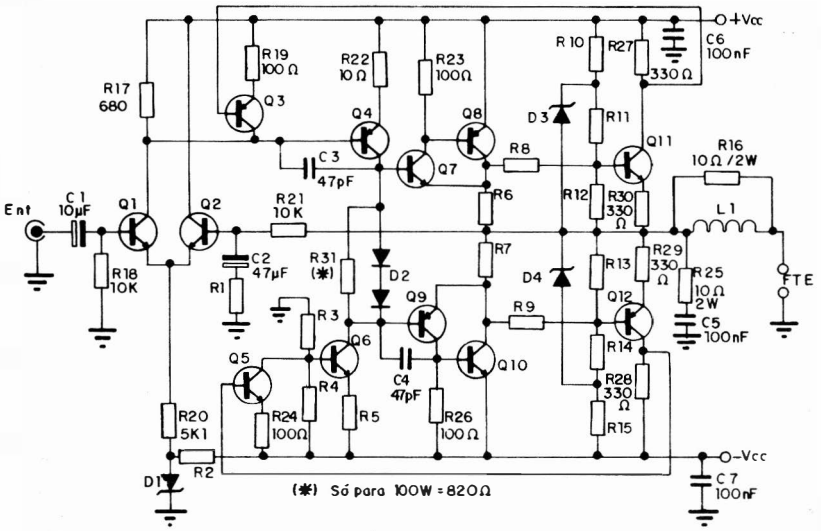
A bobina L1 é formada por 20 espiras juntas de fio 20 sobre o corpo do resistor R16.

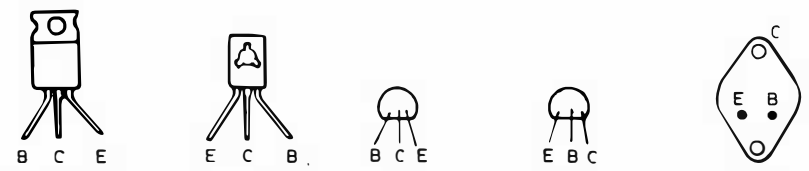
TABELA II

P saída	Carga (Ω)	Transistores saída		Trans. Excitadores		Trans. Pre. Exc.		Trans. Diferenciais	
		NPN (Q10)	NPN (Q8)	NPN (Q7)	PNP (Q9)	NPN (Q6)	PNP (Q4)	Canal Único	Canal Duplo
35W	4	TIP31B	TIP32B	BD135	BD136	BC637	BC640	BC547	2 x BC547
	8	TIP31B	TIP32B	BD135	BD136	BC639	BC640	BC547	2 x BC547
50	4	TIP41B	TIP42B	BD137	BD138	BC639	BC640	BC547	2 x BC547
	8	TIP41C	TIP42C	BD137	BD138	BC639	BC640	BC547	2 x BC547
60	4	TIP41B	TIP42B	BD137	BD138	BC639	BC640	BC546	2 x BC546
	8	TIP41C	TIP42C	BD139	BD140	BC639	BC640	BC546	2 x BC546
75	4	TIP35A	TIP34A	BD137	BD138	BC639	BC640	BC546	2 x BC546
	8	TIP35B	TIP34B	BD139	BD140	BC639	BC640	BC546	2 x BC546
100	4	2N3715	MJ2955	BD139	BD140	BC639	BC640	BC546	2 x BC546
	8	2N3716	MJ2955	BD139	BD140	BC639	BC640	BC546	2 x BC546

Na **figura 76** temos o diagrama completo do amplificador básico. Uma sugestão de placa de circuito impresso é mostrada na **figura 77**.

76





TIP 31 TIP 35
TIP 32 TIP 41
TIP 34 TIP42

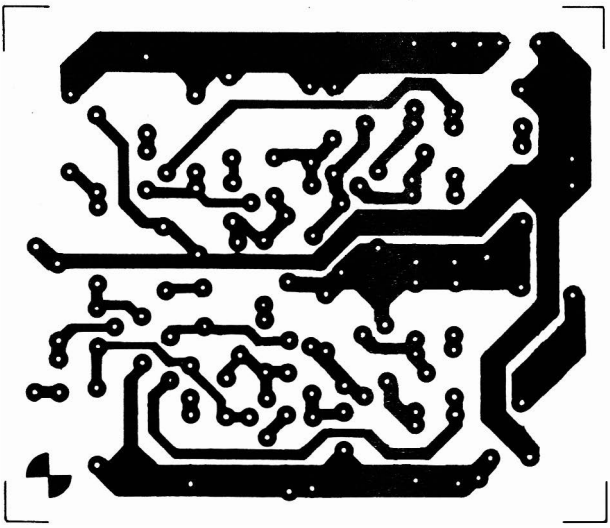
BD135 BD139
BD136 BD140
BD137

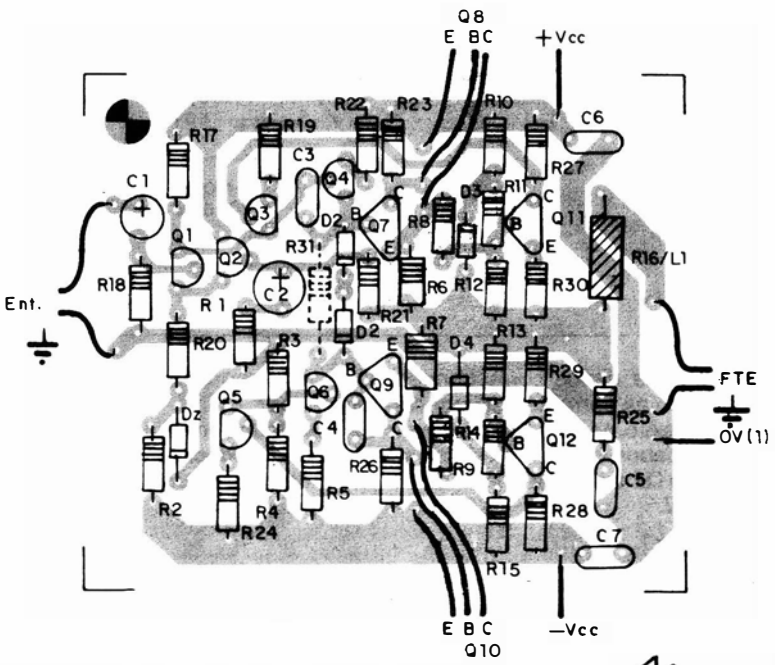
BC637
BC639
BC640

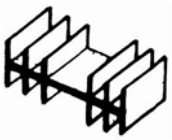
BC546
BC547

MJ2955
2N3715
2N3716

77







Tamanho mínimo para o dissipador de calor para Q8 e Q10: 14 x 6cm com 12 Aletas

Obs: Alguns resistores, devido ao tamanho, podem ser soldados em posição vertical e não na horizontal como indicado na figura.

O resistor R17 só é usado na versão de 100W e tem 820 ohms. Os capacitores eletrolíticos devem ter tensões de trabalho de 16V, enquanto que os demais podem ser cerâmicos ou de poliéster para pelo menos 50V.

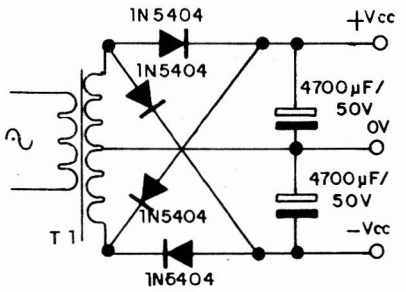
Os diodos D3 e D4 são do tipo 1N5336B ou equivalentes. Os diodos D1 e D2 podem ser de silício de uso geral como os 1N4002.

Para os resistores de fio é conveniente observar um afastamento da placa de circuito impresso de modo a se evitar o calor.

Na **figura 78** temos uma fonte de alimentação para todos os amplificadores, alterando-se apenas as tensões de secundário conforme se segue:

Tensão Vcc	Secundário do transformador:
21 V	15 V x 2 A
25 V	17 V x 2 A
27 V	18 V x 2 A
32 V	22 V x 2,5 A
30 V	20 V x 2,5 A
36 V	24 V x 3 A
34 V	23 V x 4 A
40 V	27 V x 3 A
45 V	32 V x 4 A

78



Os valores dados correspondem a alimentação de um canal. Para uma versão estéreo as correntes devem ser duplicadas.

Os transistores de potência devem ser instalados em excelentes radiadores de calor. Os cabos de entrada de sinal devem ser blindados.

O diodo D1 é de 16V x 1W - diodo zener, enquanto que D3 e D4 são zeners de 7,5 V x 1W.

UTILIZAÇÃO

Ligue o amplificador a uma carga de acordo com a potência e alimente-o. Verifique com um multímetro as tensões de alimentação. Proteja o circuito com um fusível de 5A em série com a alimentação. Se o fusível romper-se por qualquer motivo, desligue o aparelho e confira sua montagem.

Se houver aquecimento excessivo dos transistores de saída, desligue a alimentação e confira a montagem.

Aplique depois um sinal na entrada com intensidade suficiente para excitá-lo. Sendo a reprodução normal, agregue o pré-amplificador com o controle de tonalidade e instale o circuito numa caixa apropriada.

Cuidado para que haja boa ventilação para os radiadores de calor e, para que não exista nenhum contacto de cabos de alimentação com o chassi. Apenas o ponto de 0V deve ser ligado ao chassi, assim como todos os terras.

LISTA DE MATERIAL

SEMICONDUTORES

- Q1 e Q2 - Transistores do par diferencial de entrada - silício de média potência NPN - ver tabela
- Q3 - BC640 - transistor PNP PHILIPS COMPONENTS
- Q4 e Q6 - transistores pré-excitadores - ver tabela
- Q5 - BD135 - transistor NPN de média potência
- Q7 e Q9 - Transistores drivers - ver tabela
- Q8, Q10 - Transistores de saída - ver tabela
- D1 - MZ500-16 ou equivalente - ver texto
- D2 - MZ2361 ou equivalente - ver texto
- D3 e D4 - 1N5236-16 - zeners de 16V ou equivalente - ver texto

RESISTORES

- R1 à R15 - 0,5W ver tabela
- R6 e R7 - 5W - ver tabela
- R16 - 10 ohms, 2W - fio
- R17 - 680 ohms (azul, cinza, marrom)
- R18 - 10k (marrom, preto, laranja)
- R19 - 100 ohms (marrom, preto, marrom)
- R20 - 5,1k (verde, branco, vermelho)
- R21 - 10k (marrom, preto, laranja)
- R22 - 10 ohms (marrom, preto, preto)
- R23 - 100 ohms (marrom, preto, marrom)
- R24 - 100 ohms (marrom, preto, marrom)
- R25 - 10 ohms - 2W - fio
- R26 - 100 ohms (marrom, preto, marrom)
- R27 e R28 - 330 ohms (laranja, laranja, marrom)
- R29 e R30 - 330 ohms (laranja, laranja, marrom)

CAPACITORES

- C1 - 10 µF x 12V - eletrolítico
- C2 - 47 µF x 16V - eletrolítico
- C3 - 47 pF - cerâmico
- C4 - 47 pF - cerâmico
- C5 - 100 nF - poliéster ou cerâmico
- C6 e C7 - 100 nF - poliéster

DIVERSOS

- Placa de circuito impresso, radiadores de calor para os transistores, caixa de metal, material para fonte de alimentação, cabos blindados, jaques de entrada, terminais de saída, fios esmaltados para L1 (ver texto), etc.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trim-pots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

• • •

PROJETO 14

AMPLIFICADOR "VELHA GUARDA" VALVULADO DE 15 WATTS

Este é um circuito valvulado que, apresenta excelente fidelidade. No entanto, como se trata de projeto com componentes não mais usados a não ser em reposição, o leitor deve antes verificar a disponibilidade das válvulas e dos capacitores. Já, os transformadores de saída e de alimentação, são mais difíceis de obter, devendo em alguns casos o leitor mandar enrolá-los.

Se o leitor tiver sorte, pode encontrar em alguma oficina de reparação ou em sucata um velho amplificador que tenha as válvulas EL84 na saída e neste caso o aproveitamento do transformador, se tiver bom, pode ser feito. Prove a continuidade dos enrolamentos para isso e veja se não existem curtos entre esses enrolamentos.

O toque moderno que este amplificador tem é apenas na fonte de alimentação, que substitui as antigas válvulas retificadoras de onda completa como a 6 x 4 por modernos diodos de silício que custam menos de 1/10 do preço.

As características deste amplificador são:

Faixa de freqüências: 10 a 12 000 Hz

Distorção a 15W: menor que 1%

Potência de saída: 15 W

Tensão de alimentação: 110/220V

Observamos ainda que o transformador de saída deve ser do tipo ultra-linear com uma indutância de primário de 40 H em 10V x 50 Hz.

Normalmente neste tipo de circuito, o secundário do transformador de saída é dotado de tomadas que permitem a ligação de alto-falantes de diversas impedâncias.

FUNCIONAMENTO

O sinal de áudio é levado a um duplo triodo 12AX7 que tem dupla função. Metade desta válvula é usada na pré-amplificação do sinal, enquanto que a outra metade faz a inversão de fase. Temos então sinais com fases opostas que são levados via C2 e via C3 diretamente às grades de controle dos pentodos de potência do tipo EL84.

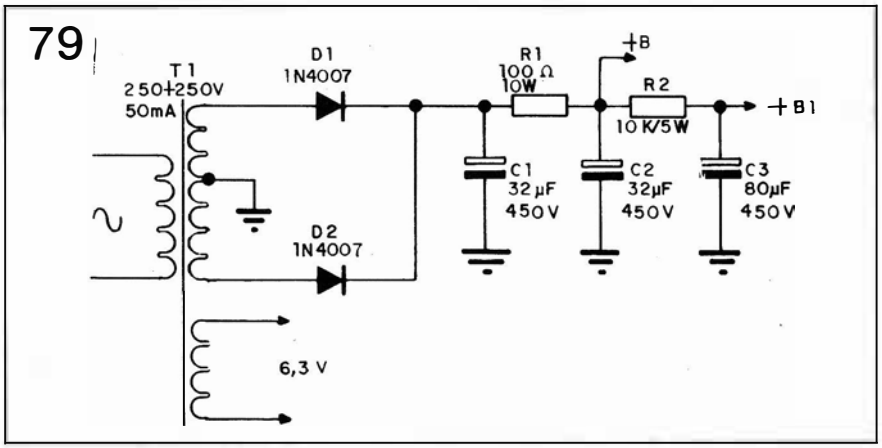
A grade supressora é mantida num potencial elevado, graças a alimentação do +B de uma tomada do transformador.

A polarização das grades de controle das EL84 em push-pull é dada pelos resistores R6 e R7. Veja então que cada válvula, amplifica metade do ciclo do sinal, que então se reúnem no primário do transformador para resultar no sinal completo no secundário.

O resistor R10 em conjunto com C4 polarizam os catodos da válvula em conjunto.

MONTAGEM

Começamos por fornecer aos leitores o diagrama esquemático da fonte de

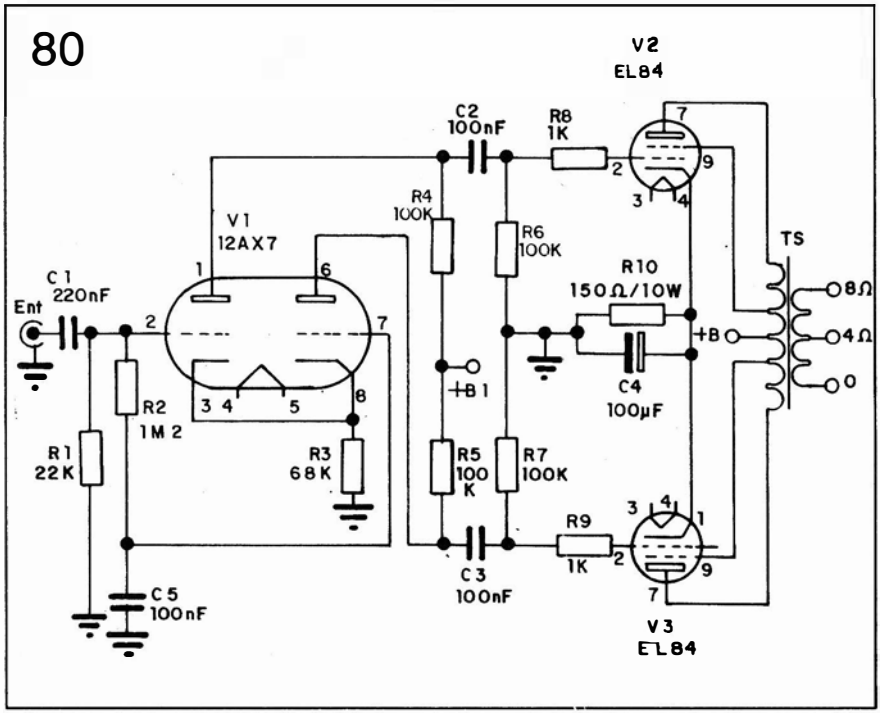


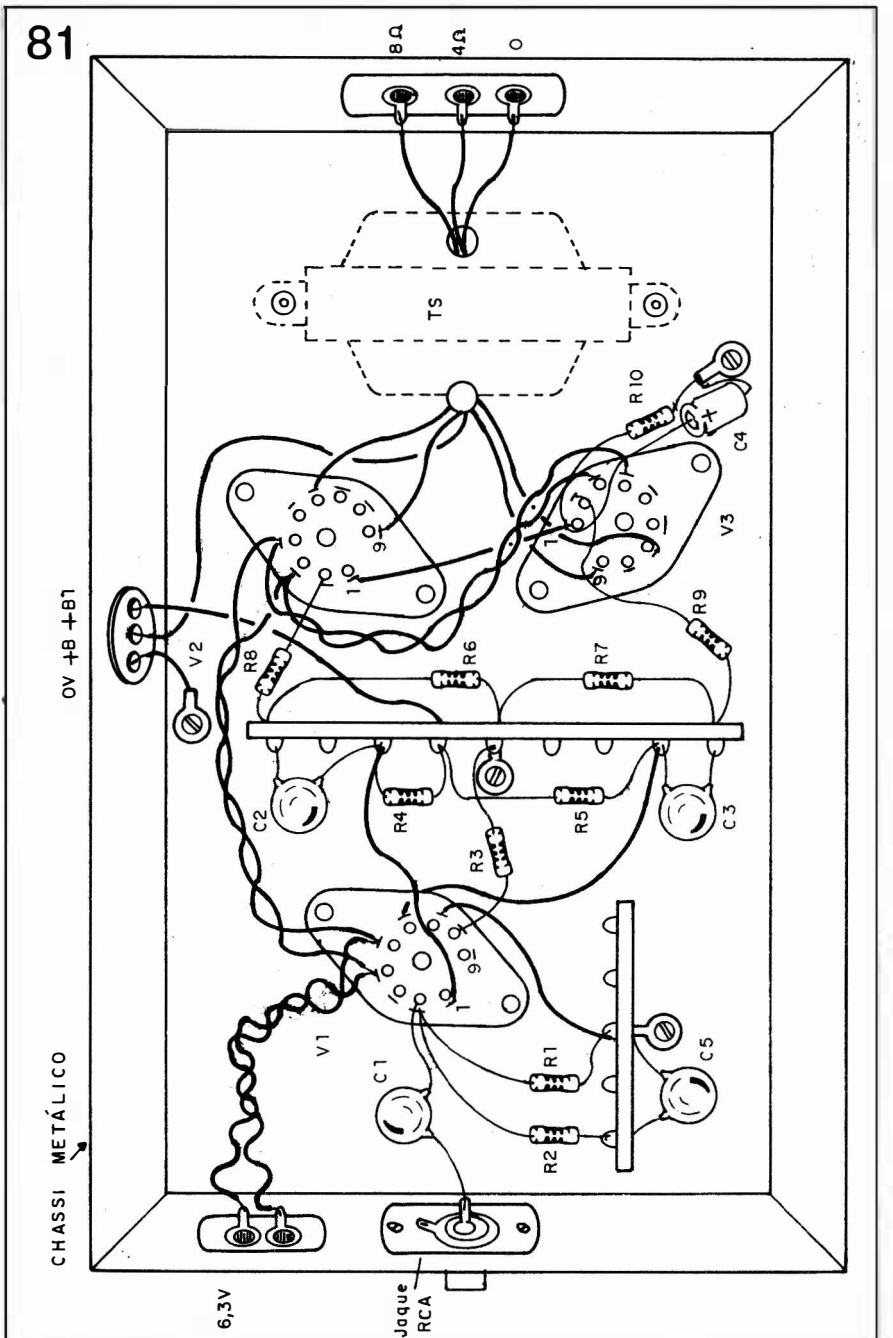
alimentação na **figura 79**.

O diagrama de um canal do amplificador é mostrado na **figura 80**.

Este tipo de aparelho deve ser montado em chassis de alumínio. Um lay-out para a disposição dos componentes é fornecido na **figura 81**.

Veja que são usados soquetes fixados no chassi para as válvulas, e também,




81
8Ω
4Ω
0
TS
R10
C4
V3
R9
R6
R7
R8
V2
0V +B +B1
C2
R4
R5
R3
C3
V1
C1
R1
R2
C5
CHASSI METÁLICO
6,3V
Jaque RCA

capacitores eletrolíticos de filtragem do tipo de rosquear no chassi, onde seu invólucro de alumínio, ao fazer contacto com o chassi, já é o pólo negativo do componente.

As válvulas trabalham bem quentes e isso é normal, mas deve ser prevista uma boa ventilação para o aparelho que, desta forma, não deve ser instalado em caixa hermética.

Os resistores são de 1/2W salvo indicação diferente, e os capacitores eletrolíticos devem ter as tensões indicadas na lista. Os demais capacitores são de poliéster com tensão de trabalho de 250V ou mais.

Ligações curtas ou com fios blindados são importantes para entrada de sinal.

UTILIZAÇÃO

Ligue o aparelho e espere pelo menos 30 segundos para que as válvulas aqueçam. Aplique um sinal na entrada e verifique se ocorre sua reprodução num alto-falante ligado à saída.

Comprado o funcionamento é só usar o aparelho em conjunto com um bom pré-amplificador. Mesmo operando com altas tensões, desde que tenha fonte independente, pode ser usado um pré-amplificador transistorizado.

LISTA DE MATERIAL

AMPLIFICADOR

VÁLVULAS

- V1 - 12AX7 - duplo triodo
- V2, V3 - EL84 - pentodos de potência

RESISTORES

- R1 - 22k (vermelho, vermelho, laranja)
- R2 - 1M2 (marrom, vermelho, verde)
- R3 - 68k (azul, cinza, laranja)
- R4, R5, R6 e R7 - 100k (marrom, preto, amarelo)
- R8 e R9 - 1k (marrom, preto, vermelho)
- R10 - 150 ohms x 10W - fio

CAPACITORES

- C1 - 220 nF poliéster
- C2, C3 e C5 - 100 nF poliéster
- C4 - 100 µF x 25V eletrolítico

DIVERSOS

- TS - Transformador push-pull para válvula EL84 - 15W
- Chassi de metal, soquetes de válvulas, pontes de terminais, fios, etc.

FONTE

SEMICONDUTORES

- D1 e D2 - 1N4007 - diodo de silício PHILIPS COMPONENTS

RESISTORES

- R1 - 100 ohms x 10W - fio
- R2 - 10k x 5W - fio

CAPACITORES

- C1 - 32 µF x 450 V eletrolítico
- C2 - 32 µF x 450 V eletrolítico
- C3 - 80 µF x 450 V eletrolítico

DIVERSOS

- T1 - Transformador de força com primário conforme rede e secundário de 250 + 250V x 50 mA e 6,3V x 3A

Chassi de metal, cabo de alimentação, suporte de fusível, etc.

Obs: C1 e C2 podem ser um único capacitor duplo de 32+32 µF x 450V. Os valores destes filtros não são críticos, podendo ser usados valores até 50% maiores conforme disponibilidade do fornecedor.

Observações: caso não haja indicação ao contrário no texto, todos os resistores usados são de filme carbono do tipo de uso geral - CR-25 - 0,33W PHILIPS COMPONENTS, todos os capacitores eletrolíticos são da série 035 da PHILIPS COMPONENTS com tolerância de ±20%, todos os capacitores de poliéster metalizado (EPÓXI) são da série 365 da PHILIPS COMPONENTES, todos os potenciômetros rotativos são de Ø 23 mm - código 2306 36001 (sem chave) e código 2306 36501 (com chave) da PHILIPS COMPONENTS e todos os trimpots são de Ø 14 mm - código 2306 449 25... da PHILIPS COMPONENTS.

Índice

Apresentação.....3
A ESSÊNCIA DO ÁUDIO
O Som.....4
Fidelidade.....9
Potência.....9
Sinais Elétricos.....11
Estéreo.....17
Os Circuitos Eletrônicos.....19
Técnicas de Montagem.....25
Pré-Amplificadores.....27
Como Tirar Roncos.....28
Como Aumentar Agudos.....29
Como Medir a Potência de Um Amplificador.....30
Projeto 1 - Contole de Tom Ativo.....31
Projeto 2 - Pré-Amplificador Com Controle de Duas Entradas.....34
Projeto 3 - Pré-Amplificador Universal Com 5 Entradas.....37
Projeto 4 - Amplificador Transistorizado de 0,5W.....42
Projeto 5 - Amplificador Integrado de 1 a 3 Watts.....45
Projeto 6 - Amplificadores Transistorizados de 3 e 5 Watts.....49
Projeto 7 - Amplificador Integrado de 1W x 6V.....52
Projeto 8 - Amplificador Integrado de 4 a 10W RMS.....54
Projeto 9 - Amplificadores de 7 a 35W Transistorizado.....57
Projeto 10 - Amplificador Quadrifônico de 44 Watts.....62
Projeto 11 - Amplificador Integrado de 40 Watts.....65
Projeto 12 - Amplificador Integrado Estéreo de 24 Watts Para o Carro.....68
Projeto 13 - Cinco Amplificadores Transistorizados de 35 a 100 Watts.....71
Projeto 14 - Amplificador "Velha Guarda" Valvulado de 15 Watts.....76

Impressão e acabamento
W. ROTH S.A. — (011) 960-2988

editora
FITTIPALDI